



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS
CURSO DE *DESIGN*

**O USO DE IMPRESSÃO 3D NO AUXÍLIO ÀS PESSOAS USUÁRIAS
DE ÓRTESES: UM PROJETO DE *DESIGN* FOCADO EM
TECNOLOGIA ASSISTIVA**

Thiele da Silva Mallmann

Lajeado, junho de 2018

Thiele da Silva Mallmann

**O USO DE IMPRESSÃO 3D NO AUXÍLIO ÀS PESSOAS USUÁRIAS
DE ÓRTESES: UM PROJETO DE *DESIGN* FOCADO EM
TECNOLOGIA ASSISTIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso II, do
Curso de *Design*, da Universidade do Vale
do Taquari - UNIVATES, como requisito para
a obtenção do título de Bacharela em
Design.

Orientador: Prof. Ms. Bruno Teixeira

Lajeado, junho de 2018

Thiele da Silva Mallmann

**O USO DE IMPRESSÃO 3D NO AUXÍLIO ÀS PESSOAS USUÁRIAS
DE ÓRTESES: UM PROJETO DE *DESIGN* FOCADO EM
TECNOLOGIA ASSISTIVA**

A banca examinadora abaixo aprova a monografia apresentada na linha de formação específica em *Design* na Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES, como parte da exigência para a conclusão do curso.

Prof (a): Ms. Bruno da Silva Teixeira
Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES

Prof.^a Ma. Sílvia Trein Heimfarth Dapper
Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES

Prof (a): Lydia Christmann Espindola Koetz
Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES

Lajeado, 22 de junho de 2018

AGRADECIMENTOS

Gostaria de dedicar este trabalho a minha família em especial aos meus pais Lindolfo Miguel Mallmann e Maria de Fátima da Silva Mallmann e os agradeço profundamente por todo o amor, apoio e incentivo recebido, podendo assegurar que sem eles não teria concluído mais essa etapa da minha vida.

Agradeço também ao meu professor e orientador Bruno Teixeira por toda a dedicação e paciência necessária.

E às participantes da banca, Lydia Christmann Espindola Koetz e Sílvia Trein Heimfarth Dapper que prontamente aceitaram o convite para avaliar este estudo.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABS	Acrilonitrila Butadieno Estireno
ADA	American With Disabilities Act
ADP	Associação dos <i>Designers</i> de Produto
AMB	Associação Médica Brasileira
CAT	Comitê de Ajudas Técnicas
DATVP	Drenagem Anômala Total de Veias Pulmonares
EUA	Estados Unidos da América
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICT – UNIFESP	Instituto de Ciências Tecnológicas da Universidade Federal de São Paulo
ITS	Instituto de Tecnologia Social
ONU	Organização das Nações Unidas
PETG	Politereftalato de Etileno Glicol
PLA	Ácido Polilático
PVC	Policloreto de Vinila
STL	Stereolithography
TA	Tecnologia Assistiva
UV	Ultravioleta

RESUMO

O crescimento populacional trás com ele um aumento preocupante, o aumento dos acidentes seguidos de fraturas. As fraturas geralmente ocorrem em virtude de algum impacto, queda, esmagamento, acidentes de trabalho, esporte e com veículos. A fratura de punho é o principal motivo do afastamento do trabalhador de suas funções. Nos dias atuais é inevitável a necessidade de novas tecnologias para atender as mais diversas áreas, em especial a área da medicina, um campo inovador e, instigador ao profissional de *design*. O *design* vem alcançando um espaço cada vez maior em se tratando de tecnologia, e busca criar objetos com estética agradável, em conformidade com a demanda na busca de soluções adequadas para alcançar as mais diferentes realidades. Este profissional vem amparado com a tecnologia assistiva, e tem a preocupação e o objetivo de promover a qualidade de vida e inclusão social para as pessoas com incapacidades e deficiências. Diante a isto, este estudo tem como objetivo, investigar como o *design* pode, por meio da tecnologia assistiva e com o uso da impressão 3D, produzir órteses para o uso em pacientes que necessitem de tratamento com esse equipamento, e assim projetar uma órtese a partir do estudo da tecnologia assistiva aplicando o processo de impressão 3D. Para este estudo foram utilizados o conceito de *design*, *design* de produto e social, tecnologia assistiva engajado com a área da saúde, um estudo do punho, as fraturas de punho, órteses e impressão 3D. O estudo utiliza a metodologia de Bruno Munari (2008) apresentado em duas etapas, a primeira concluída no segundo semestre de 2017 que tem o formato de estudo, buscando conceitos e analisando produtos em um referencial teórico baseado em artigos científicos da base Scielo, livros, artigos de revista para a Definição do Problema. A fase 2 foi desenvolvida durante o primeiro semestre de 2018, constituída nas etapas: problema; definição do problema; coleta de dados; criatividade; experimentação; modelos; verificação e solução. Na continuidade do texto poderá ser conferido o desenvolvimento e os resultados alcançados na aplicação de cada etapa. Nas considerações finais são apresentados os apontamentos e achados relevantes encontrados ao longo do estudo para projetar a órtese em impressão 3D.

Palavras-chave: *Design*. *Design* de Produto. *Design* Social. Tecnologia Assistiva. Órteses. Impressão 3D.

ABSTRACT

The population growth brings with it a worrying increase, the increase of the accidents followed by fractures. Fractures usually occur because of some impact, fall, crush, work-related accidents, sports and with vehicles. Fist fracture is the main reason for the worker's separation from his duties. At the present time, the necessity of new technologies to aid different areas, especially the medical field that is an innovative and thought-provoking for the designer, is inevitable. Design has been conquering a great amount of space in the matter of technology and creating objects with aesthetically pleasing appearance, following the demand and seeking appropriate solutions to achieve different realities. This professional is being aided with new assistive technology and has been concerned with the promotion of quality of life and social inclusion for people with inabilities and deficiencies. Bearing this in mind, this study has the aim to investigate how design can produce orthoses through assistive technology and 3D printing methods for patients in need of treatment, therefore projecting an orthosis concerned with the assistive technology, and applying 3D printing methods. The study was created based on the concept of design, social and product design, assistive technology engaged with medical subjects, the study of the wrist, wrist fractures, orthoses and 3D impression. The paper uses the methodology of Bruno Munari (2008) presented in phases. Divided into two stages, the first one being done in the second semester of 2017, that has the objective of studying, searching concepts and analyzing products in a theoretical reference based upon Scielo scientific articles, books, articles from magazines, for the definition of the problem. The second stage was developed in the first semester of 2018 and was constituted of the following stages: problem, problem definition, data collection, creativity, experimentation, models, verification and solution. The development and the results achieved in the application of each stage can be seen in the paper. In conclusion, notes and relevant findings are presented, searched through the study in order to project a 3D printed orthosis.

Keywords: Design. Product Design. Assistive Technology. Orthoses. 3D printing. Social Design.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Órtese de ferro	26
Figura 2 - Órtese de impressão 3D	27
Figura 3 - Órtese de impressão 3D em paciente	28
Figura 4 - Prótese Capitão América	31
Figura 5 - Menino usando a respectiva prótese	32
Figura 6 - Drenagem anômala total de veias pulmonares	35
Figura 7 - Coração impresso via 3D	36
Figura 8 - Movimento de rotação.....	37
Figura 9 - Movimento de Flexão e Extensão	38
Figura 10 - Movimento de adução e abdução	38
Figura 11 - Anatomia do punho e mão	40
Figura 12 - Tipos de fraturas de punho	44
Figura 13 - Órtese de punho, mão e dedos.....	48
Figura 14 - Tala em neoprene	48
Figura 15 - Tala para polegar Chantal.....	49
Figura 16 - Tala em PVC moldado	49
Figura 17 - Primeira impressora 3D 100% brasileira.....	51
Figura 18 - Polímeros ABS, PLA e PETG	55
Figura 19 - Variedade de órteses	56
Figura 20 - Fixação da órtese.....	57
Figura 21 - Scanner GO SCAN 3D e busto escaneado	62
Figura 22 - Escaneamento de busto humano.....	63
Figura 23 - Produto escaneado	64
Figura 24 - Esboço de modelos para a órtese.....	65
Figura 25 - Esboço de modelos para encaixe da órtese	66
Figura 26 - Alginato utilizado para a experimentação dos moldes	68
Figura 27 - Sequência de passo a passo do primeiro molde	69
Figura 28 - Sequência de passo a passo molde adequado	70
Figura 29 - Braço de gesso sendo escaneado pela <i>Optimet</i>	72
Figura 30 - Calibragem do scanner <i>Creaform Exascan</i>	73
Figura 31 - Mão com pontos adesivos para o escaneamento	74
Figura 32 - Malha produzida a partir do scaneamento	74
Figura 33 - Sombra formada ao redor da malha nos planos das camadas	75
Figura 34 - Primeiro modelo criado com planos paralelos ao sólido	76

Figura 35 - Painei Semântico	78
Figura 36 - Primeiro arquivo para impressão	79
Figura 37 - Arquivo final para impressão.....	80
Figura 38 - Diferença de como a peça fez o suporte e a peça como deveria ter sido impressa.....	82
Figura 39 - Pinos de número 1, 2 e 3	82
Figura 40 - Respectivos encaixes 1, 2 e 3	83
Figura 41 - Órtese impressa em ABS.....	84
Figura 42 - Órtese impressa em PLA	85
Figura 43 - Medidas das órteses	87
Figura 44 - Solução escolhida	88
Figura 45 - Órtese em diferentes ângulos	89
Figura 46 - Órtese aberta com os pinos de ligação.....	91
Figura 47 - Órtese aberta com os pinos de ligação.....	91
Figura 48 - Órtese em seis variações de cores	92
Figura 49 - Modelo final.....	93
Figura 50 - Modelo final sendo utilizado.....	93
Figura 51 - Detalhes da órtese	94

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Partes do corpo mais afetadas por acidentes de trabalho	42
Tabela 2 – Comparação de materiais	54

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Problematização	15
1.1.1 Problema da pesquisa	16
1.2 Objetivos	17
1.2.1 Objetivo geral	17
1.2.2 Objetivos específicos.....	17
1.3 Justificativa.....	17
1.4 Estrutura da pesquisa.....	19
 2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	 20
2.1 <i>Design</i>	20
2.1.1 <i>Design</i> de produto.....	22
2.1.2 <i>Design</i> social	28
2.2 Tecnologia assistiva	32
2.3 Punho	36
2.4 Fratura	41
2.5 Órteses	45
2.5.1 Tipos de órteses	47
2.6 Impressão 3D.....	50
2.6.1 Especificação de Polímeros	52
2.6.1.1 PLA - Ácido Polilático	52
2.6.1.2 ABS – Acrilonitrila Butadieno Estireno	53
2.6.1.3 PETG – Politereftalato de Etileno Glicol.....	53
2.6.2 Projeto de órtese em impressão 3D	55
 3 METODOLOGIA	 58
3.1 O método.....	58
3.2 Coleta de dados.....	60
3.3 Impressoras 3D	61
3.4 Escaneamento	61
3.4.1 Scanners	62
3.4.1.1 Scanners 3D Portáteis: GO SCAN 3D	62
3.4.1.2 Scanner 3D Sense	62
3.4.1.3 Scanner Exascsn.....	63

3.5 Criatividade.....	64
3.6 Experimentação.....	79
3.6.1 Impressão das órteses em ABS e PLA.....	79
3.6.2 Experimentação de encaixe e cola	81
3.7 Verificação	84
3.8 Solução	85
 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	 95
 REFERÊNCIAS.....	 98
 ANEXOS	 105
ANEXO A - Impressora - <i>Micromake 3D DIY Printer</i>	106
ANEXO B - Impressora 3D - <i>CL2 Pro</i>	107
ANEXO C - Impressora 3D <i>Maker Bot Replicator Z18</i>	108
ANEXO D - Bico Extrusor <i>Smart Extruder</i>	109
ANEXO E - Impressora <i>ZMorph VX</i>	110

1 INTRODUÇÃO

Hoje depara-se com uma realidade preocupante, o crescimento populacional. Neste contexto sofre-se o ônus com o número de acidentes que ocorrem a cada instante. São dos mais variáveis tipos, automobilísticos, quedas, acidentes de trabalho e esportivo, causando às pessoas que participam destes eventos, deformidades e necessidades especiais.

As fraturas acontecem com grande frequência, os índices são altos e os números alarmantes, correspondendo a 16% de todas as fraturas do esqueleto, a fratura de rádio distal está entre as mais frequentes, que ocorrem em membros superiores, e representam 74,5% entre as fraturas de antebraço, representando em dados epidemiológicos 1:10.000 pessoas. As fraturas são lesões complexas, de prognóstico variado, que depende exclusivamente do trauma sofrido.

Nos dias atuais é inevitável a necessidade de novas tecnologias para atender as mais diversas áreas, em especial a área da medicina, sendo esse um campo onde a contribuição do profissional do *design* pode ser valorosa, aliando criatividade e tecnologia. Profissionais de *design* se utilizam das mais diversas formas e materiais para a criação de produtos que visem satisfazer o público almejado. O estudo apresenta como tema central o uso de impressão 3D no auxílio às pessoas usuárias de órteses: Um projeto de *design* focado em tecnologia assistiva, investigando como o *Design* pode, por meio desta e com uso da impressão 3D, produzir órteses para o uso de pacientes que necessitem de tratamento com este equipamento.

No primeiro capítulo apresenta o Problema da pesquisa: Como o *design* pode contribuir para o desenvolvimento de órteses com o uso da tecnologia de impressão 3D?; objetivando Construir um referencial teórico acerca da tecnologia assistiva e seu uso no *design* de produtos; Identificar as possibilidades atuais da tecnologia de impressão 3D e seu possível uso na produção de órteses terapêuticas; Verificar a viabilidade do uso da impressão 3D na confecção de órteses, como alternativa às tecnologias, alguns materiais e procedimentos existentes; por fim, projetar e construir uma órtese em impressão 3D para análise e verificação da viabilidade.

No segundo capítulo é construído um referencial teórico sobre o *design*, como nasceu, e que busca criar objetos funcionais de estética agradável que estejam em conformidade com as necessidades e demandas da produção, o que ele significa, e os diferentes campos em que atua, comentando sobre o *design*, *design* de produto e social. Fala ainda da Tecnologia Assistiva, das fraturas, e como são definidas, das mais simples às mais complexas, enfermidades que acontecem com frequência. O punho, as órteses e como são denominadas, sendo uma peça que auxilia no tratamento do paciente e evita o agravamento de uma deformidade. Em seguida falando sobre a impressão 3D e que tipo de máquinas são essas, os materiais utilizados pelas impressoras e as especificações de materiais.

O *design* é uma profissão que busca criar objetos funcionais e de estética agradável que estejam em conformidade com as demandas buscando soluções adequadas para alcançar diferentes realidades.

Entre os diversos ramos do *design* está o *design* de produto, que é a atividade que cuida da elaboração e do desenvolvimento do plano e da fabricação de produtos, no qual estudiosos concordam que nada é estático. Falam ainda que os profissionais procuram a cada dia que passa melhorar a maneira de atender as necessidades do mercado influenciado por inúmeros fatores. Este serviço atua também na área de saúde, mais especificamente no planejamento e elaboração de projetos de órteses e próteses, como principal atribuição, estar inteiramente ligada na maneira que o utilizador (paciente) se sentirá e conectará ao produto.

Outra linha importante do *design* que está sendo abordada é o *Design Social*, um processo desafiador que permite um contato relevante entre profissionais de

diversas áreas, uma equipe multidisciplinar focada na elaboração de projetos que lhes permitam exceder limites, fundindo conhecimento, mantendo-se próximo ao usuário para poder projetar um objeto ou ferramenta adequada e que satisfaça as expectativas.

O *Design Social* aliado a Tecnologia Assistiva (TA), uma área que engloba recursos, estratégias e metodologias, práticas, produtos e serviços que possuem como objetivo, promover a qualidade de vida e inclusão social para pessoas com incapacidades e deficiências, uma tecnologia que se aplica à melhora na capacidade das pessoas, promovendo uma maior independência para exercer as suas atividades rotineiras neste estudo, em especial, em casos de fraturas de punho.

As fraturas são perdas de continuidade de um ou mais ossos, das mais simples às mais complexas perdas por um trauma, são enfermidades que causam preocupação, pois reabilitação nem sempre tem um bom prognóstico. As fraturas acontecem com grande frequência e os índices são altos e os números alarmantes, das fraturas de punho ou rádio distal correspondendo a 16%. Neste contexto há preocupação, pois muitos dos pacientes que sofrem este tipo de fratura acabam abandonando o tratamento precisado, as órteses utilizadas na maioria dos casos são de tala gessada ou de gesso, as quais são pesadas, densas, com mau cheiro e impossibilitam a higienização.

As órteses são denominadas como uma peça permanente ou transitória utilizadas no auxílio do membro, órgão ou tecido, auxiliando na deficiência do paciente ou impossibilitando o agravamento de uma deformidade. Baseado nos fatos torna-se necessário buscar uma melhoria na qualidade de vida desses pacientes, proporcionando um produto, no caso, uma órtese que se adapte de forma adequada e personalizada para cada usuário com maior leveza, resistência, que possibilite às pessoas realizarem suas atividades rotineiras, com uma órtese projetada e criada em impressão 3D.

A impressão 3D apresenta uma gama de vantagens aplicada em vários setores, aprofundada na área de saúde vem sendo explorada principalmente no desenvolvimento de órteses e próteses personalizadas. A tecnologia aplicada é

relativamente rápida, evita desperdícios, diminui falhas no produto e apresenta melhor qualidade e melhor resultado.

No terceiro capítulo optou-se pela utilização da metodologia de Bruno Munari (2008), aplicada para o desenvolvimento do projeto, uma vez que o autor destaca que o método projetual para o *designer* não é definitivo, pode ser modificado caso se encontre outros valores ou objetivos que melhorem o processo. Segundo o autor, o método projetual nada mais é do que uma série de operações necessárias, dispostas por ordem lógica, para se atingir o melhor resultado.

No quarto capítulo, apresenta a execução e o detalhamento de cada etapa que foi definida na metodologia: O método, problema, definição do problema, componentes do problema, coleta de dados, criatividade, experimentação, modelos, verificação para que se chegasse a uma solução viável e eficiente, amparados pelo conhecimento adquirido no decorrer do estudo. Por fim, no quinto capítulo, apresentam-se as considerações finais, obtidas e alicerçadas em todo o aprendizado adquirido e no resultado final obtido com o projeto.

1.1 Problematização

Conforme informações no site Tech4health (TECH4HEALTH, 2016, texto digital), a cada ano vem crescendo o número de pessoas com algum tipo de deficiência ou fratura, sendo que os principais motivos são: acidentes automobilísticos, de trabalho, esportivos e quedas, estas, principalmente em idosos.

As estatísticas mostram que no Brasil, pessoas com deficiências que necessitam de algum tipo de tecnologia assistiva, representam o percentual de 23,9% da população nacional, de acordo com os dados do Censo 2010, sendo que estes dados praticamente dobram comparados com o Censo de 2000 que atingiu o percentual de 14,5% (IBGE, 2012, p. 114).

Seguindo a linha de pesquisas e estatísticas, a Secretaria de Ciência e Tecnologia para a Inclusão Social em parceria com o Instituto de Tecnologia Social - ITS BRASIL, apresenta os dados: nos períodos 2005-2006, 2007-2008, 77% dos

projetos desenvolvidos de Tecnologia Assistiva estão centralizados nos estados do RS, SP e RJ (RODRIGUES; ALVES, 2013). Porém em pesquisa do censo do IBGE de 2010, revelam dados que o nordeste tem o segundo maior percentual de pessoas com algum tipo de deficiência no território brasileiro (IBGE, 2012, texto digital). Por meio desses dados pode-se perceber o enorme déficit de assistência em tecnologia assistiva para a maior parte da população, necessitando assim, de maior ampliação de estudos e projetos por todo o território Brasileiro.

As órteses são produtos direcionados para o tratamento e recuperação de luxações, fraturas e deformidades, porém as mais utilizadas são as órteses convencionais de tala gessada, estas pesadas e densas, geralmente causando mau cheiro e coceira, tornando o paciente insatisfeito. Hoje no mercado existem outros modelos que vêm sendo utilizados com a mesma finalidade, estas órteses embora modernas, ainda apresentam quesitos que geram descontentamento no paciente, que por estes motivos acabam abandonando o tratamento prejudicando no processo de recuperação (TECH4HEALTH, 2016, texto digital).

A maioria destes produtos podem causar alguns prejuízos como: inflamações de pele, proliferação de bactérias, causam dor e desconforto por não serem personalizadas, dificultam o manejo com a rotina diária como: tomar banho e escovar dentes, e com a higienização do produto. É possível e necessário buscar melhorias para a qualidade de vida desses pacientes, proporcionando um produto (órtese) que se adapte de forma adequada e personalizada para cada pessoa, com maior leveza, resistência, e aceitação do paciente. Além de uma estética agradável. (TECH4HEALTH, 2016, texto digital).

1.1.1 Problema da pesquisa

Como o *design* pode contribuir para o desenvolvimento de órteses com o uso da tecnologia de impressão 3D?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Investigar como o *Design* pode, por meio de tecnologia assistiva com uso da impressão 3D, produzir órteses para o uso de pacientes que necessitem de tratamento com este equipamento.

1.2.2 Objetivos específicos

- Construir um referencial teórico acerca da tecnologia assistiva e seu emprego no *design* de produtos;
- Identificar as possibilidades atuais da tecnologia de impressão 3D e seu possível uso na produção de órteses terapêuticas;
- Verificar a viabilidade do uso da impressão 3D na confecção de órteses, como alternativa às tecnologias, alguns materiais e procedimentos existentes;
- Projetar e construir uma órtese em impressão 3D para análise e verificação da viabilidade.

1.3 Justificativa

O *design* é uma disciplina que visa a criação de objetos que sejam ao mesmo tempo funcionais e de estética agradável, que estejam em conformidade com as demandas da produção, buscando soluções adequadas para alcançar as diferentes realidades. Mais do que nunca é inevitável a necessidade de novas tecnologias para atender as mais diversas áreas, em especial na área da medicina, juntamente ao *design*, *design* de produto e *design* social, aliados à tecnologia assistiva, os quais pesquisam novas formas e materiais de órteses que promovam conforto e leveza, facilitando assim a adesão dos pacientes ao tratamento.

A impressão 3D vem atuando em conjunto com o *design* na área da medicina, promovendo uma tecnologia com inúmeras vantagens, como a redução de tempo de fabricação, menor custo, com menores falhas no processo e para o paciente viabiliza melhor prognóstico, proporcionando melhor qualidade de vida, fazendo com que esse paciente possa interagir no convívio social (RAULINO, 2011).

Para Garcia (2010) às órteses em impressão 3D são personalizadas e adequadas a anatomia do paciente, facilitando a higiene, ao contrário das órteses convencionais de talas gessadas, que são pesadas, densas, e geralmente causando mau cheiro e coceira, tornando o paciente insatisfeito. Uma órtese personalizada sendo bem projetada contribui para a melhora do paciente de maneira mais eficaz, de modo que o mesmo sinta-se mais confortável, e não abandone o tratamento por insatisfação com a peça em questão.

Com esta pesquisa será possível ver o importante papel do *design* e como ele pode ajudar a melhorar a vida de pessoas que sofrem de algum tipo de lesão, fratura ou má formação em algum membro, precisando assim de uma órtese. Esse objeto é utilizado por tempo determinado e é encontrado de diversos materiais diferentes. Acrílico, Neoprene e PVC são alguns exemplos de materiais usados para que esse produto seja produzido.

Sendo um recurso em constante popularização, e consequente barateamento dos recursos, a impressão 3D será o foco de estudo deste trabalho, se sustentando por ir ao encontro das necessidades atuais que investigam o uso de novos materiais e tecnologias que contemplem e sejam acessíveis para o maior número possível de classes sociais.

Sendo assim, este projeto se justifica na medida em que vai ao encontro da exposta necessidade de pesquisa e desenvolvimento de produtos e tecnologias que proporcionem o melhor efeito com o mínimo de impacto e transtornos para o usuário, visando, especialmente, contribuir para o não abandono do tratamento.

1.4 Estrutura da pesquisa

A pesquisa tem início com a história do *design*, uma breve introdução de como surgiu o profissional, e a sua importância na indústria, conta brevemente sobre o *design* de produto, como ele se atualiza, sendo utilizado dentro da área médica com a criação e desenvolvimento de órteses. Posteriormente mostra o *design* social e como pode beneficiar a população menos favorecida, por meio de projetos que visam a melhoria no âmbito social, percebendo as limitações e compreendendo quais as reais demandas, solucionando-as da melhor forma. Mais adiante pode-se ver o conceito de tecnologia assistiva, estatísticas brasileiras mostrando a importância da aplicação de novas tecnologias e como vem sendo aliada na recuperação e melhora de pacientes que necessitam de algum tipo de cuidado.

O próximo item apresenta a história da impressão 3D, como ela foi desenvolvida e como atualmente se mostra uma tecnologia de qualidade e utilidade em diversos setores, se inserindo com bons resultados no campo das órteses, relatando também os materiais mais utilizados para a execução desses objetos, mostrando a diferença entre eles.

Fechando o referencial teórico, são apresentadas as órteses e sua história, sendo possível perceber a importância que esse utensílio tem para a recuperação do indivíduo. Na sequência é descrita a metodologia utilizada, que será de Bruno Munari (2008), que permite mudanças ao longo do projeto, proporcionando a construção de um projeto personalizado. Por fim são exibidos o cronograma e os resultados preliminares.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 *Design*

Segundo Cardoso (2016, p. 15): “O *Design* nasceu com o firme propósito de pôr ordem na bagunça do mundo industrial”. Entre os séculos XVIII e XIX na Europa ocorreu um grande aumento na oferta de bens de consumo, logo após a instalação do sistema de fábricas, possibilitando a sociedade de comprar demasiadamente. Com uma mão de obra barata e mais rápida na entrega de mercadorias, as indústrias tiveram um crescimento exorbitante no mercado, isso fez com que os preços dos produtos despencassem tanto, a ponto que qualquer classe de trabalhadores tivesse acesso de compra (CARDOSO, 2008).

A preocupação com a aparência dos produtos estava em ascensão, por volta de 1850 e 1930, profissionais conhecidos como *designers*, foram encarregados de transformar objetos que estavam passando pelo processo de industrialização, de produtos comuns, em produtos mais eficazes e atrativos, com a intenção de proporcionar bem-estar ao maior número de pessoas (CARDOSO, 2016).

A demanda principalmente na área de cerâmicas e tecidos foi tão grande que forçou pequenos artesãos a expansão de suas atividades. Cardoso (2008) declara que já em 1750 passaram a contratar pessoas que pensavam apenas em como melhorar os produtos em cerâmica.

Nos anos 1960, o paradigma de fabricação industrial ainda era a produção em massa: tudo igual em grandes quantidades para todos. Hoje, a indústria caminha a olhos vistos em direção a produção flexível, com cada vez

setores buscando segmentar e adaptar seus produtos para atender a demanda por diferenciação (CARDOSO, 2016, p. 17).

A história atesta que as mudanças políticas, socioeconômicas, tecnológicas e culturais atualizaram os modelos de criação, projetos e produção. Assim muitas modificações foram feitas na área do *design*, que passou por diversas transformações nos séculos XX e XXI, expandindo assim a sua popularização e valorização (FIORIN; LANDIN; LEOTE, 2015, p. 61).

Fiorin, Landim e Leote (2015) relatam que o *design* procura alcançar as diferentes realidades e necessidades dos indivíduos, busca soluções adequadas para o desenvolvimento do meio. Ressalta ainda o que passa a demandar um olhar de empenho ligado nas diferentes sociedades, e que as adversidades culturais devem ser uma importante fonte estratégica para o desenvolvimento sustentável de produtos com qualidade para o bem estar das pessoas (ibidem).

Figura-se um grande desafio: alcançar as diferentes realidades e penúrias dos indivíduos e grupos sociais em buscar soluções aquém do egoísta e mais adequadas para o desenvolvimento da sociedade como um todo. O que passa a demandar um olhar não reducionista e o empenho ligado nas sociedades “centrais” e “periféricas”, cuja diversidade cultural não deva ser considerada como um obstáculo, mas uma próspera e importante fonte estratégica para o desenvolvimento sustentável de produtos com qualidade, voltados para o bem-estar das pessoas (ibidem) (FIORIN; LANDIN; LEOTE, 2015, p. 61).

De acordo com o Dicio-Dicionário Online de Português (2017, texto digital), *Design* é uma disciplina que visa à criação de objetos, ambientes, obras gráficas entre outras, que sejam ao mesmo tempo funcionais, estéticas e estejam em conformidade com as demandas da produção industrial.

Conforme a descrição de Gomes Filho (2006), a área de atuação de um *designer* é bastante ampla, entre esses setores pode-se encontrar: *Design* de joias; *Design* gráfico, de ambientes, de embalagens; *Design* de produtos e muitos outros. *Design* de produto é a atividade que cuida da elaboração, desenvolvimento do plano e a fabricação do produto tridimensional.

Em meados do século XXI os consumidores não se contentavam mais com o simples fato de que um produto funcionasse bem ou que tivesse um bom preço, eles pensavam além, queriam um produto que gerasse satisfação e prazer, o que provocou a transformação dos insumos vindos do *design* industrial e da estética em

alta prioridade. Voltado ao mercado, Ashby e Johnson (2011) falam do crescimento econômico devido o desejo dos consumidores, o mercado já está saturado de produtos, o que move é a vontade de “ter”. Os compradores se tornam mais exigentes procuram por produtos diferenciados que reflitam as suas personalidades (MORAES, 2006, p. 1).

O *Design* não é nada, a menos que seja utilizado para unir forma e função [...] Nosso alvo é diferente: queremos que nossos produtos tenham sentido e o façam sentir especial na companhia dele [...] Acreditamos que tais produtos sejam construídos por meio de combinação de tecnologia incomparável ao apelo emocional [...] A maioria dos nossos produtos vem em uma gama de cores dentre as quais você pode escolher exatamente como se estivesse comprando um sofá [...] Texturas de superfície é outro elemento de *Design* considerado por alguns, mas que para nós é motivo de grande preocupação [...] Nossa meta é surpreender com iniciativas incomuns, escapar do tédio do desenvolvimento de produtos em massa (ASHBY; JOHNSON, 2011, p. 20).

2.1.1 *Design* de produto

Ashby e Johnson (2011) acreditam que no *design* de produto nada é estático, o profissional de hoje procura da melhor maneira atender as necessidades do mercado, influenciado por diversos fatores, muitas vezes necessitam de novas direções, focado no contexto exigido pelo projeto.

A inspiração - capacidade de estimular o pensamento criativo - tem muitas fontes. Uma delas é o estímulo inerente a materiais, que, desde o início dos tempos, levou os seres humanos a lidar com eles e lhes dar alguma utilidade, usando a própria criatividade para escolher função e a forma de modos que melhor explorasse o atributo desses materiais [...] densidade, resistência, resiliência, condução térmica e outros: são esses atributos que habilitam o *design* seguro e econômico dos produtos (ASHBY; JOHNSON, 2011, p. 173).

De acordo com a Associação dos *Designers* de Produto - ADP (STEPHAN et al., 2004, texto digital), a missão do *designer* de produto é:

Uma atividade criativa cuja finalidade é estabelecer as qualidades multifacetadas de objetos, processos, serviços e seus sistemas, compreendendo todo seu ciclo de vida. Portanto, *design* é o fator central da humanização inovadora de tecnologias e o fator crucial para o intercâmbio econômico e cultural (STEPHAN et al., 2004, texto digital).

O *designer* para a Associação é reconhecido como uma profissão intelectual, não simplesmente oferece um negócio, o trabalho vai além, é um serviço concebido a partir de instrumento, organização e lógica. *Design* é uma atividade que envolve

uma grande gama de profissionais, onde une a tríade: produto, serviço e gráfica, aliados a interior e a arquitetura de forma integrada com outros profissionais. O *designer* deve preocupar-se pelo bem do seu público alvo, e direcionar sua capacidade e conhecimento para resolver os problemas e gerar melhorias para o cotidiano da sociedade (STEPHAN et al., 2004, texto digital).

Conforme Pazmino (2007, p. 2) “é necessário priorizar requisitos sociais e ambientais sem deixar de considerar os requisitos técnicos, ergonômicos, econômicos, estéticos, simbólicos, durante o processo de desenvolvimento do produto”.

Baxter (2003, p. 185), afirma que o valor do produto é agregado pelo próprio consumidor, é ele quem decide qual é a quantia que estará disposto a pagar pelo item oferecido, e pelas funções que o mesmo abrange. Dessa forma pode-se entender que quanto maior o número de funcionalidades que o produto possui, mais será estimado pelo comprador, aumentando assim o seu valor de venda. Contudo, Baxter (2003) diz também que o valor do produto é muito relativo, podendo também ser influenciado pelo o estilo que contém.

De acordo com Baxter (2003), o produto é avaliado pela atração visual que ele exerce, mesmo sendo feio e grosseiro, pode ser modificado para que fique com um melhor aspecto, sendo assim, admirado por todos. Para ele na atualidade todos compartilham da ideia de que o aspecto visual e a forma estão diretamente ligados com o acréscimo de valor do produto, mesmo sem alterações no seu desempenho técnico.

Os elementos são determinantes para a formação de um produto, dessa forma são pensados separadamente, assim na sua junção, formam uma nova configuração inovando o produto (LÖBACH, 2000).

Para isso, destacam-se alguns importantes elementos para essa criação, que são:

- Forma - percebida durante a movimentação tridimensional do objeto (produto), provoca efeitos distintos ao ser notado sob diferentes ângulos;

- Material - sua seleção depende das considerações anatômicas referentes ao objeto;
- Superfície - possui influência sobre o resultado visual final; por exemplo, uma superfície polida e brilhante confere características de limpeza e requinte ao objeto;
- Cor - considerada elemento essencial do objeto, influencia as habilidades inconscientes do consumidor/usuário.

Dessa forma, pode-se pensar em cada elemento, e como se comporta em um todo, criando assim um produto que tenha uma melhor aceitação do público usuário, em todos esses aspectos necessários.

Santos (2016) alega que entre os diversos campos que o *designer* de produtos atua, pode-se citar o *design* na área da saúde mais especificamente no planejamento, e elaboração de projetos de órteses e próteses. Segundo Roto, Rantavuo e V-V-Mattila (apud SANTOS, 2016), a principal e indispensável atribuição do produto está inteiramente relacionada com a maneira que o utilizador se sentirá e conectará com o produto.

Em qualquer setor na área da saúde, estudos são indispensáveis, pesquisas, testes e experiência, de modo que o item em questão seja avaliado e considerado qualificado para uso humano a partir de normas científicas (BARBOSA; TEIXEIRA-SALMELA; CRUZ, 2012).

É essencial que o usuário goste da peça no uso diário, o que fará com que ele crie uma ligação com o produto e sua respectiva marca isso gera uma importante influência na hora da compra, fazendo com que o usuário escolha, dando preferência pelos serviços desta marca em específico. Dessa forma Bordegoni et al. (apud SANTOS, 2016) atribuem uma grande importância para os testes de funcionalidade durante o desenvolvimento de um novo produto.

Barbosa, Teixeira-Salmela e Cruz (2009) falam que na área da saúde o *Designer* consegue colocar em prática todo o conhecimento de seleção de materiais, utilização de tecnologias, sustentabilidade, ergonomia e muitos outros aspectos que a sua graduação tenha o proporcionado. Omachonu (apud SANTOS, 2016) acrescenta que o aperfeiçoamento de técnicas, materiais, serviços, métodos e

procedimentos é um processo a longo prazo que se faz necessário para a melhoria na qualidade e eficácia de produtos e baratear custos de tratamentos.

De acordo com Carvalho (2006), as órteses estão em constante evolução, melhoria e inovação de materiais, mostrando uma visível mudança em relação às primeiras, que eram muito pesadas e densas. Atualmente podem ser encontradas em diversos materiais que melhor se moldam e adaptam ao corpo do paciente, de forma que o tratamento do mesmo seja mais eficiente. Percebe-se que o *design* atua na área da saúde como um forte inovador, trazendo mudanças amparadas por novas tecnologias, em especial para a criação de órteses, com a preocupação de promover a inclusão social de pacientes com necessidade.

Para Garcia (2010) e Raulino (2011), a impressão 3D vem sendo uma forte aliada na produção de produtos, em especial no que diz respeito à medicina, criando um item de alta qualidade com inúmeras vantagens, fazendo com que o paciente faça parte do processo de criação dessa peça personalizada, proporcionando conforto, higiene e menor risco de abandono ao tratamento. Essa é, portanto, uma técnica de bastante relevância para estudos nesse meio. Abaixo pode-se perceber a diferença entre uma órtese do século XVIII produzida com ferro na Figura 1, e uma órtese do século XXI confeccionada por meio de impressão 3D na Figura 2 e 3.

Figura 1 - Órtese de ferro



Fonte: PASSO FIRME (2012, texto digital).

Figura 2 - Órtese de impressão 3D



Fonte: 3D PRINTER AND 3D PRINTING NEWS (2015, texto digital).

Figura 3 - Órtese de impressão 3D em paciente



Fonte: 3D PRINTER AND 3D PRINTING NEWS (2015, texto digital).

Nas figuras acima pode-se observar a evolução das órteses a partir também da evolução das tecnologias, neste caso em específico a tecnologia da impressão 3D.

2.1.2 Design social

Para Souza (2006), o *design* de produto não atende só as necessidades da indústria, mas exerce uma função que corresponde a pensar e projetar produtos para pessoas com alguma necessidade particular de uma parcela específica de usuários. Assim o produto deixa de ser específico para a produção em massa, não visando apenas o lucro e o bem da economia, passando a ter o objetivo de, promover melhora na expectativa de vida para o indivíduo no qual o produto foi pensado e criado. Löbach (2000) diz que essa área do *design* é mais conhecida

como *design* social, por centralizar sua preocupação, cuidado e estudo no usuário e as suas limitações.

Para Pazmino (2007, p. 2), “os problemas sociais fazem parte da realidade das cidades, com maior intensidade em países do terceiro mundo, mas também existentes em países desenvolvidos, e nenhum profissional deve ignorá-los muito menos o *designer*”.

Projetos devem ser socialmente benéficos e economicamente viáveis, é necessário priorizar as questões sociais, considerando todos os níveis do processo de desenvolvimento e produção, visando projetar artigos que causem uma melhoria na qualidade de vida dos excluídos. Consiste em desenvolver produtos que atendam às reais necessidades específicas da população menos favorecida, cultural, social, e economicamente. Pessoas de baixa-renda ou com necessidades especiais devido à idade, saúde, ou inaptidão. O *design* social atua em contextos no qual não há interesse da indústria, dessa forma exige maiores cuidados e qualidades destes profissionais (PAZMINO, 2007).

Este ramo do *design* está amparado no desenvolvimento de produtos que visam atender as necessidades dos indivíduos, promovendo a conscientização do profissional para que trabalhem não somente para a obtenção do lucro. Possui como alicerce a responsabilidade social e a cidadania, voltado à realidade do público a ser atingido, trabalhando com criatividade e empatia. Esse profissional tem o papel de compreender as necessidades do público-alvo, precisa conhecer a demanda, e perceber as limitações e o que almejam, emergindo no contexto como um todo (BONOTTO; SENA, 2016, texto digital).

O *Design* social é um processo desafiador, permite um contato relevante entre profissionais de diversas áreas, uma equipe multiprofissional voltada a projetos que lhes permitam ultrapassar limites, trocando conhecimentos e mantendo-se próximo ao usuário, para poder projetar um objeto ou ferramenta adequada, que satisfaça as expectativas do usuário. Para que isso ocorra, é preciso que este profissional saia da sua zona de conforto e vivencie o cotidiano do grupo em questão, fazendo pesquisas de campo e até mesmo uma imersão na vida dessas

pessoas (BONOTTO; SENA, 2016, texto digital; *DESIGN CULTURE*, 2014, texto digital).

Papanek (apud ARRUDA et al., 2017), fala sobre a prática de projetar para as necessidades do indivíduo, ao invés de direcioná-las às próprias vontades de projetista. Arruda et al. (2017, p. 262) dizem que os “*designers* têm responsabilidade sobre as escolhas que fazem em processos de *design*”.

Para Pazmino (2007), um projeto social de produto deve conter: o uso de materiais simples, de fácil acesso e valor reduzido, com tecnologia acessível, e que possa ser facilmente dominada por locais, ser funcional elevando a autoestima dos usuários, valorizando aspectos simbólicos adequando o produto ao estilo de vida do usuário ou usuários.

Um bom exemplo disso é o projeto social MÃO 3D, uma extensão universitária do Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal de São Paulo (ICT-UNIFESP) de São José dos Campos, que possui como coordenadora a Profa. Dra. Maria Elizete Kunkel, da Engenharia Biomédica da Universidade Federal de São Paulo (MÃO 3D, 2017, texto digital). Tem como objetivo a reabilitação de crianças que nasceram com malformações ou que tem alguma amputação, de braço, mãos ou dedos, essa reabilitação é feita por meio de próteses de impressão 3D.

Dessa forma, a prótese pode ser impressa várias vezes, seguindo junto com o crescimento da criança, evitando o desperdício de recursos públicos e fazendo com que a criança seja incluída na sociedade, uma vez que o SUS (Sistema Único de Saúde) geralmente não oferece essas próteses para crianças pelo motivo de que crescem muito rápido, fazendo com que essas próteses caiam em desuso.

Essas próteses têm o propósito de substituir o membro, funcional e articulada para que desempenhe a função original da mão humana, fazendo com que a criança possa fazer a pega de objetos, abrir portas e até mesmo andar de bicicleta. As peças impressas são ligadas por fios elásticos, e acionam o fechamento e abertura da mão por meio do movimento de flexão do punho ou cotovelo. Além de serem substituídas facilmente em caso de dano, as próteses podem ser coloridas e

personalizadas de acordo com a preferência da criança (KICKANTE, 2017, texto digital).

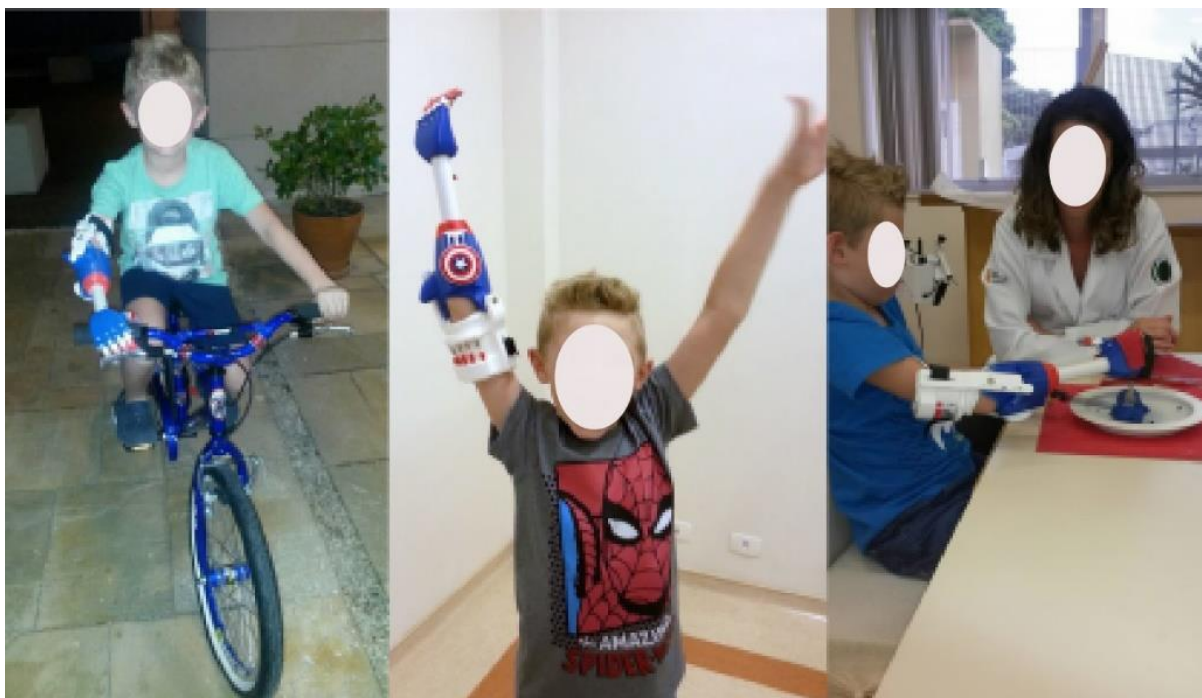
Como mostra a Figura 4 abaixo uma prótese inspirada no Capitão América, para um menino de sete anos. A Figura 5 mostra o menino usando a respectiva prótese.

Figura 4 - Prótese Capitão América



Fonte: Kickante (2017, texto digital).

Figura 5 - Menino usando a respectiva prótese



Fonte: Klcante (2017, texto digital).

2.2 Tecnologia assistiva

De acordo com o CAT - Comitê de Ajudas Técnicas (BERSCH, 2009), a tecnologia assistiva é uma área que engloba recursos, estratégias, metodologias, práticas, produtos e serviços que tem como objetivo promover a qualidade de vida e inclusão social para pessoas com incapacidades e deficiência.

Para Bersch (2009), a Tecnologia Assistiva (TA) é uma nomenclatura para apontar toda a sucessão de produtos e serviços que auxiliam na ampliação e melhora na capacidade de pessoas com algum tipo de deficiência, promovendo assim uma maior independência para exercer suas atividades rotineiras de forma naturais e mais integradas à sociedade (GARCEZ, 2012, texto digital).

Contribuindo com os autores acima citados, Cook e Hussey (apud BERSCH, 2009) definem a TA citando o conceito do ADA - *American With Disabilities Act*, que diz:

Uma ampla gama de equipamentos, serviços, estratégias e práticas concebidas e aplicadas para minorar os problemas funcionais encontrados pelos indivíduos com deficiências (COOK; HUSSEY apud BERSCH, 2009, p. 2).

Segundo Bersch (2009, p. 2):

A TA deve ser entendida como um auxílio que promoverá a ampliação de uma habilidade funcional deficitária ou possibilitará a realização da função desejada e que se encontra impedida por circunstância de deficiência ou pelo envelhecimento.

Já o Conceito de Deficiência pela Convenção sobre os direitos das Pessoas com Deficiência da ONU diz:

Pessoas com deficiência são aquelas que têm impedimentos de natureza física, mental, intelectual ou sensorial, os quais, em interação com diversas barreiras, podem obstruir sua participação plena e efetiva na sociedade, em igualdade de condições com as outras pessoas (BRASIL apud BERSCH, 2009, p. 6).

Segundo os dados realizados e disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2012, p. 114), no Brasil, pessoas com deficiências que necessitam de algum tipo de TA representam o percentual de 23,9% da população nacional, de acordo com os dados do Censo 2010, número que quase dobra se comparado com o Censo de 2000, que atingiu o percentual de 14,5% (RODRIGUES; ALVES, 2013).

Ainda seguindo nessa linha de estatísticas, uma pesquisa sobre o desenvolvimento da TA, foi realizada no período de 2005-2006, 2007-2008, pela Secretaria de Ciência e Tecnologia para a Inclusão Social em parceria com o Instituto de Tecnologia Social - ITS BRASIL, apresentou os seguintes dados: 77% dos projetos desenvolvidos de Tecnologia Assistiva estão centralizados nos estados do RS, SP e RJ.

Entretanto, de acordo com dados do IBGE (2012, texto digital), o Nordeste está com o segundo maior percentual de pessoas com algum tipo de deficiência no Brasil, tornando assim, ainda maior a necessidade de ampliação de estudos e projetos por todo o território Brasileiro (RODRIGUES; ALVES, 2013).

Segundo o site Tech4health (TECH4HEALTH, 2016, texto digital), a cada ano vem crescendo o número de pessoas com algum tipo de deficiência ou fratura, os principais motivos são os mais diversos, acidentes automobilísticos; de trabalho; esportivos e quedas, estas, principalmente em idosos.

Dessa forma, percebe-se a importância de novos materiais e métodos de fabricação na área da saúde, visando a expansão da tecnologia assistiva em todo o Brasil, para que o maior número de pessoas possam ser beneficiadas, com o intuito de uma melhora na qualidade de vida e inclusão na sociedade.

Para atender os pacientes da melhor maneira possível, e de forma personalizada, a impressão 3D está sendo uma tecnologia bastante utilizada em novas pesquisas, pois proporciona ao usuário mais conforto e qualidade, é um material mais leve, ajustado para o paciente, e proporciona uma melhor higienização, evitando o mau cheiro e coceira (TECH4HEALTH, 2016, texto digital).

Segundo Neto (2016, texto online) os profissionais da saúde estão percebendo como essa tecnologia pode auxiliar e facilitar na ajuda de tratamentos e procedimentos médicos, e está sendo cada vez mais inserida nesse meio, mediante pesquisas, e é possível ver diversos exemplos, como a história abaixo:

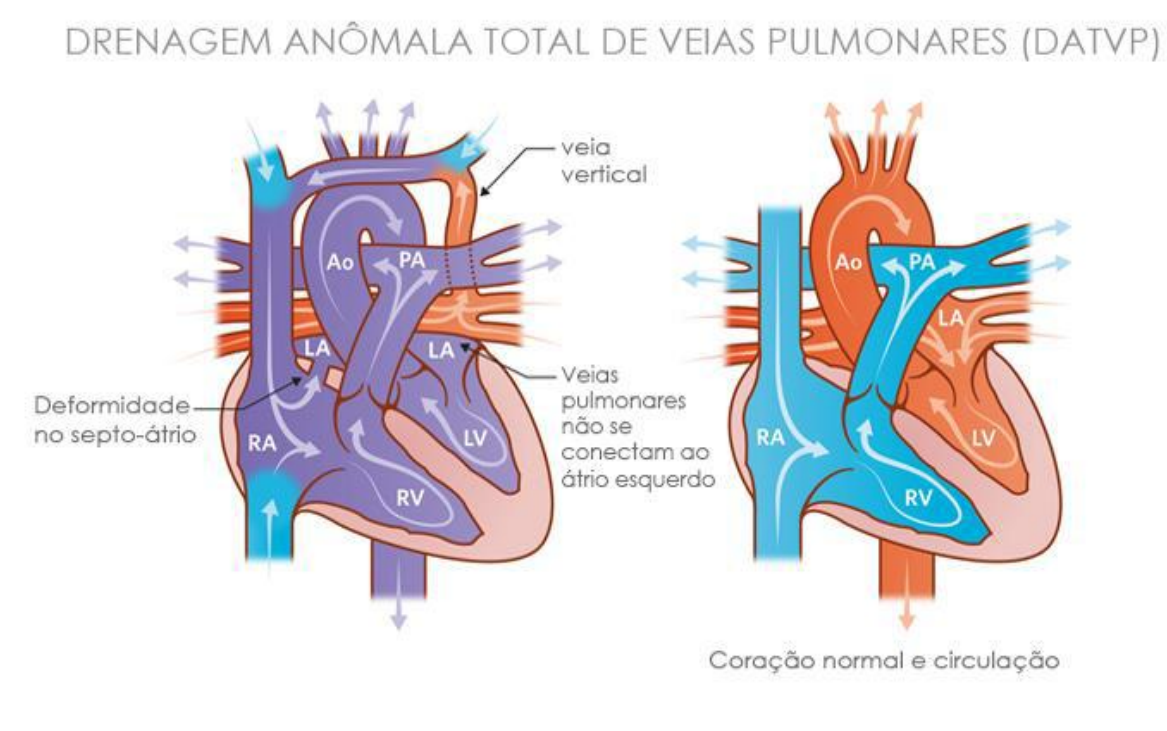
Um Bebê Chinês nasce com uma rara doença cardíaca, chamada Drenagem Anômala Total de Veias Pulmonares (DATVP), anomalia que afeta o posicionamento das veias pulmonares, reduzindo consideravelmente a capacidade respiratória, e diminui demasiadamente as expectativas de vida do paciente.

Uma cirurgia muito delicada e com muito risco, em vista que nem os melhores exames de imagens poderiam preparar os médicos para o procedimento, tendo que abrir o peito da criança e decidir na hora, qual o procedimento seria adotado. O que levaria muito mais tempo e muito arriscada, pois precisavam verificar todo o coração para encontrar as ligações defeituosas.

A solução foi encontrada em uma impressão 3D, onde o coração doente foi impresso em tamanho real, tornando-se um mapa para os médicos, que dessa forma tiveram a oportunidade de se preparar para esse procedimento tão delicado, reduzindo o tempo de cirurgia e muitas complicações (NETO, 2016, texto online). A

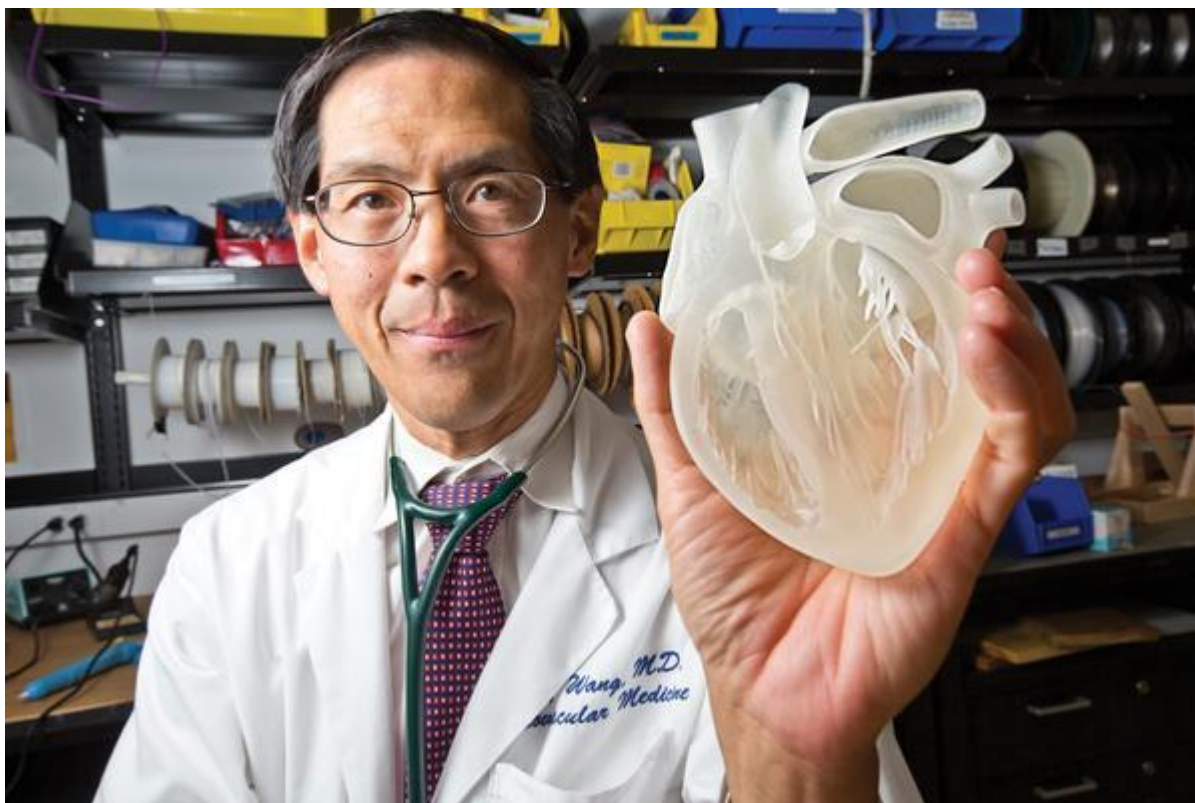
Figura 6 abaixo mostra uma ilustração da anomalia do coração e a Figura 7, a foto do Dr. Paul Wang, com um exemplo de coração impresso em 3D nas mãos.

Figura 6 - Drenagem anômala total de veias pulmonares



Fonte: Neto (2016, texto digital).

Figura 7 - Coração impresso via 3D



Fonte: Neto (2016, texto digital).

2.3 Punho

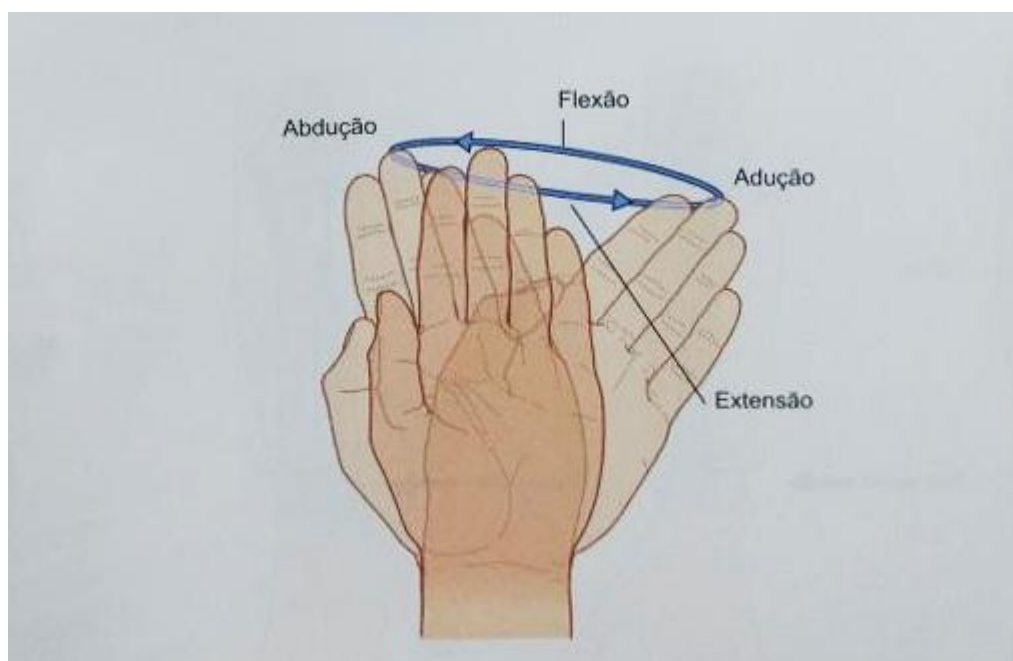
Cada vez mais a tecnologia assistiva aponta a sucessão de produtos e serviços que auxiliam na ampliação e melhora na capacidade de pessoas, utilizando como equipamento, a impressão 3D em novas pesquisas, proporcionando aos pacientes com fratura de punho maior conforto e qualidade, com um material mais leve ajustado ao paciente (BERSCH, 2009).

“Segundo a Infopédia (2018, texto digital), Punho é a porção do membro superior situada entre o antebraço e a mão, constituído pela articulação radiocárpica e cubitocárpica, ossos do carpo e os tecidos moles que o envolvem.”

Para os autores Souza (2001) e Hall (2003), o punho é capaz de vários movimentos em diversos planos, é responsável pelos movimentos de rotação, circundação, supinação e frontal da mão, movimentos estes complexos nos seus mais variados eixos. Conforme Souza (2001), o movimento de flexão do punho faz com que a mão se mova para frente, com a palma da mão voltada para cima, fala ainda que no movimento de extensão, a mão volta ao movimento anatômico e na hiperextensão a mão vai para trás e o dorso volta-se para cima, e o movimento de punho em desvio radial a mão desvia -se lateralmente em sentido ao polegar.

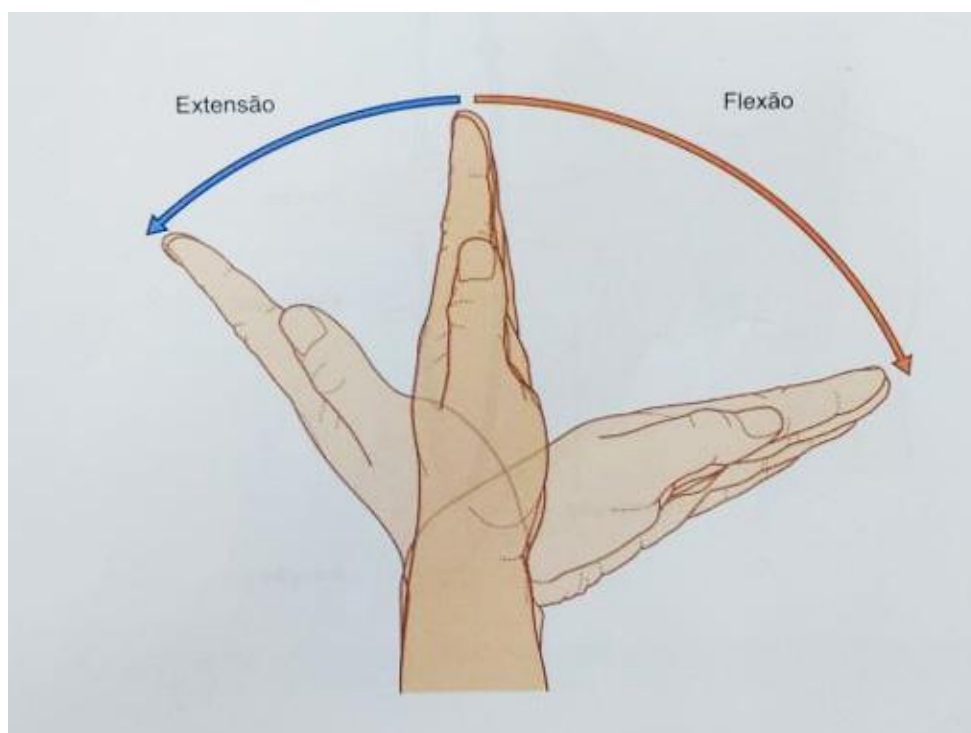
Na Figura 8 pode-se observar o movimento de rotação, nas Figuras 9 e 10, podemos ver o movimento correspondente a nomenclatura citada no texto acima

Figura 8 - Movimento de rotação



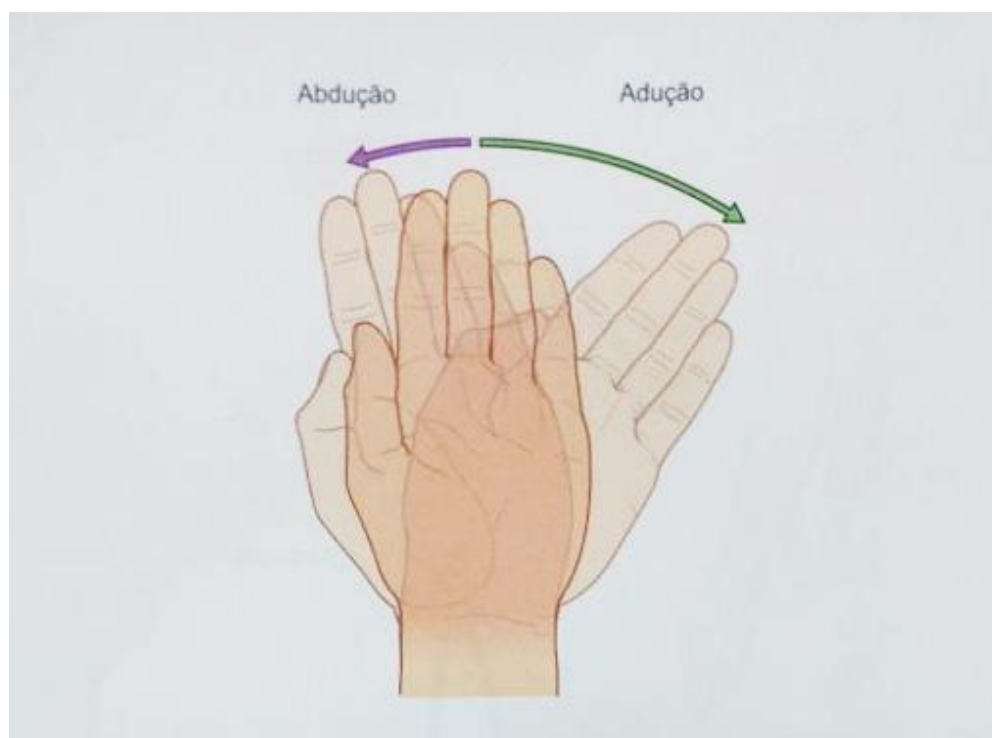
Fonte: Souza (2001).

Figura 9 - Movimento de Flexão e Extensão



Fonte: Souza (2001).

Figura 10 - Movimento de adução e abdução



Fonte: Souza (2001).

Para Caetano (2000), os movimentos da mão e do punho não podem ser desmembrados, pois o punho tem ligação direta para um bom funcionamento da mão. Concordando com os autores acima Vinhães (2000), ressalta que a mão representa a sequência e terminação do membro superior, com a maior atribuição, a pinça, o movimento mais importante realizado pela mão.

Ferrigno (2007) vai além e define que a mão é o “educador do mundo”, um instrumento de ampla necessidade, o membro mais utilizado. Ela pega, empurra, solta, manipula e auxilia no equilíbrio, está há frente da maioria dos movimentos, diante a maioria das atividades, indo além do tato. Com as mãos o homem pode diferenciar espessuras, pesos, calor e frio, em muitos momentos chega a ser os olhos do indivíduo, neste contexto, por ser as mãos o instrumento que está à frente dos afazeres do dia a dia, está também exposta em grande parte dos acidentes. Quando a pessoa sofre um acidente que atinge não propriamente a mão, mas, o punho, todas as funções da mão ficam comprometidas neste momento, as atividades no trabalho ou nas mais simples execuções, apresentam limitações (FERRIGNO, 2007).

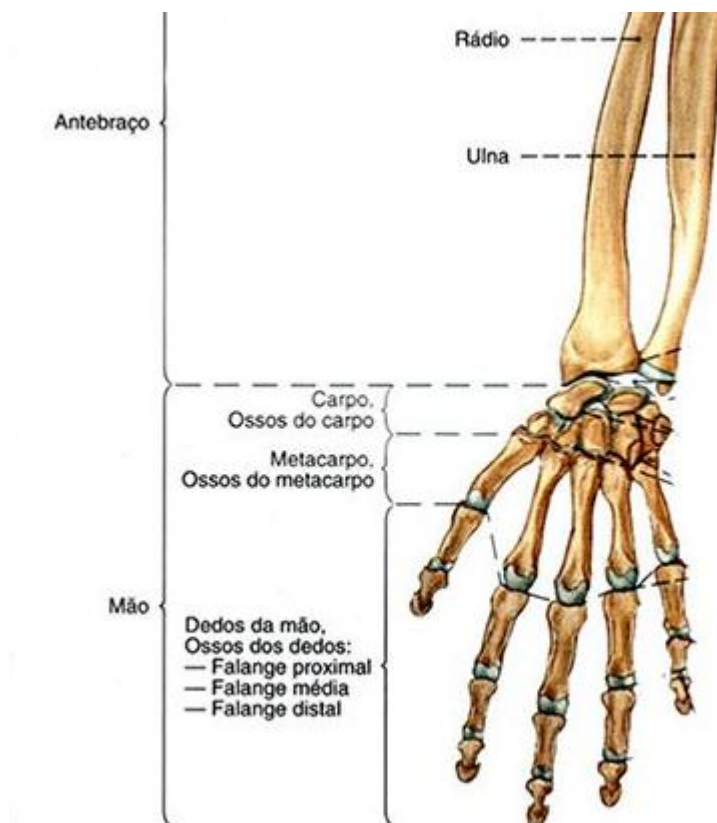
A mão é o principal membro de defesa do ser humano, devido ao seu alto grau de sensibilidade tátil, funciona como escudo de proteção, é ela quem sai na frente quando o corpo pressente perigo, causando por esse fato muitas vezes a fratura de punho (FERRIGNO, 2007; PARDINI, 2000). Concordando com os autores, o punho é uma região que sofre muito em termos de fratura, as mais diversas podem acontecer por inúmeros fatores, como fratura de escafóide e fratura distal do rádio, conhecida também como fratura de Colles. O Rádio é o maior osso dos que compõem o braço humano, a extremidade em sentido ao punho é denominada de extremidade distal. As fraturas ocorrem na área próxima ao punho, sendo a mais comum nos membros superiores, e a causa mais frequente é por queda com a mão estendida, podendo ser encontrada mais facilmente em pessoas de terceira idade e atletas (ORTHOINFO, 2018, texto digital).

O punho se encontra na ligação do antebraço com a mão. O termo punho é utilizado para denominar a extremidade distal do antebraço, que corresponde aos ossos rádio e ulna. Na parte distal do antebraço, encontra-se uma fileira dupla, transversal de ossos curtos, constituindo o carpo. Mais abaixo, encontram-se cinco

colunas ósseas verticais, formando o metacarpo. Por último, se formam os cinco dedos, estruturado cada um por três falanges, exceto o polegar que possui somente duas falanges (MOORE; DALLEY, 2001).

A Figura 11 abaixo mostra a anatomia dos ossos do punho e mão.

Figura 11 - Anatomia do punho e mão



Fonte: Souza (2001).

2.4 Fratura

A Fratura é definida como perda de seguimento ou continuidade de um ou mais ossos, que os divide em dois ou mais fragmentos. Das mais simples que podem nem ser percebidas, às mais complexas e de gravidade que pode levar um indivíduo a morte. Fala o autor que as causas de maior frequência são geradas por um trauma que exerce sobre o osso, uma força maior que a capacidade de deformação, pode incidir por impactos ínfimos ou até espontâneos (ABCMED, 2013, texto digital).

Martini et al. (2009) ressalta que o osso apresentado por sua formação mineral, é rígido, podendo rachar e até mesmo quebrar sendo ele submetido a uma força externa, a um impacto súbito ou uma força maior, exercida de forma contrária ao seu seguimento, para o autor esta lesão se denomina: Fratura. São enfermidades que acontecem com grande frequência e, chegam às unidades de emergência em tal proporção que causam aos profissionais uma grande preocupação. A reabilitação nem sempre apresenta um bom prognóstico. Para esses profissionais o objetivo principal contempla em prevenir complicações e deformidades, e acelerar a melhora funcional, ou seja, é fazer com que o paciente retorne o mais breve possível às suas atividades da vida diária com a melhor capacidade possível (BARBOSA; TEIXEIRA-SALMELA; CRUZ, 2012).

Correspondendo a 16% de todas as fraturas do esqueleto, a fratura de rádio distal está entre as mais frequentes, que ocorrem em membros superiores, e representando 74,5% entre as fraturas do antebraço, representando em dados epidemiológicos 1:10.000 pessoas. São lesões complexas de prognóstico variado, que depende exclusivamente do trauma sofrido (ANGELINI; ALBERTONI; FALOPPA, 2005).

Para Roth (2018, texto digital) também acontece com grande frequência, o índice é muito alto com números de estatística americana de 640.000 casos por ano, indicador este, alarmante. Com maior presença, conforme o autor, em população de 5 aos 24 anos, maior magnitude em homens em trauma causado por (quedas de altura, queda de motocicleta e bicicleta, acidente automobilístico, prática de esporte

– queda) e os idosos. Também são um público alvo nestes traumas, em especial as mulheres, por queda da própria altura ou tombo (ROTH, 2018, texto digital).

Em outra análise encontrou-se uma tabela de quantitativa revelando números de acidentes de trabalho, segundo o Anuário Brasileiro de Proteção (2006, texto digital) obtêm-se a quantidade de acidentes de trabalho registrados, segundo os 50 códigos da classificação Internacional de doenças mais incidentes – 2004 contendo os seguintes dados: Total % Típico % Trajeto %.

Tabela 1 - Partes do corpo mais afetadas por acidentes de trabalho

Quantidade de acidentes do trabalho registrados - 2004						
CID	Total	%	Típico	%	Trajeto	%
S61 - Ferimento do punho e da mão	64.190	13,99	63.133	16,99	986	1,65
S62 - Fratura ao nível do punho e da mão	32.352	7,05	28.292	7,62	3.984	6,65
S60 - Traumatismo superficial do punho e da mão	23.926	5,21	22.140	5,96	1.705	2,85
S92 - Fratura do pé	13.512	2,94	10.616	2,86	2.866	4,79

Fonte: Anuário Brasileiro de Proteção (2006, texto digital).

O quadro acima demonstra a realidade dos acidentes de trabalho, com presença larga de percentual das fraturas de punho e mão, seguida da fratura de pé.

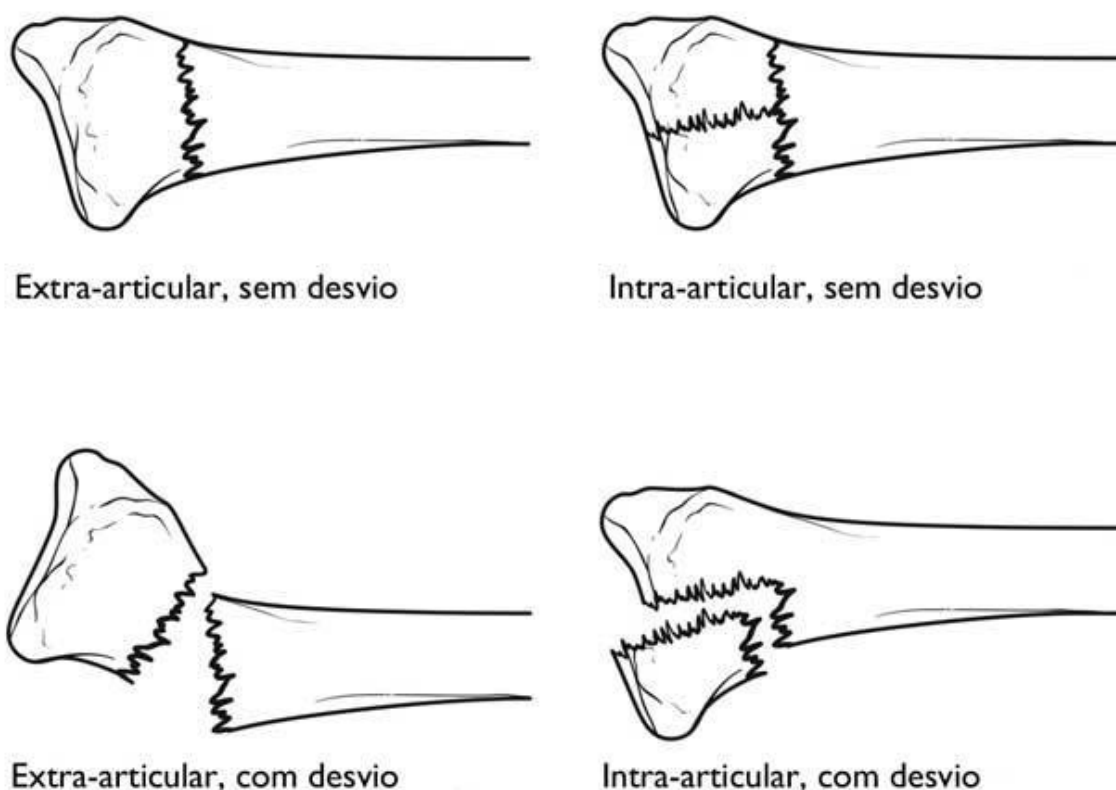
Estes apontamentos estão quantificados entre os 50 (cinquenta) acidentes que mais acontecem conforme a Classificação Internacional de Doenças (CID), a Tabela mostra as 5 partes do corpo mais afetadas em acidentes de trabalho.

Para Braga Jr. et al. (2005) esta fratura é uma patologia de punho, que ocorre com muita frequência, chegam aos serviços de ortopedia, nos atendimentos de urgência e emergência. Essa fratura não possui faixa etária definida, mas está relacionada principalmente às quedas em idosos e acidentes automobilísticos. Conforme os autores, as fraturas se não bem tratadas podem levar a complicações tais como, rigidez articular, perda de força e preensão, e deformidade residual de articulação de punho (REIS et al., 1990).

Pode-se notar uma fratura de rádio distal a partir dos sintomas de dor imediata, inchaço, hematoma e em alguns casos nota-se uma deformidade. O tratamento vai depender do grau do dano causado pela lesão. O tratamento adotado comumente é o uso de gesso, para que o braço fique imóvel até a consolidação do osso, algumas vezes é utilizado mais de um gesso no mesmo paciente ou apenas talas nas primeiras semanas, pois após alguns dias o braço desincha e o gesso fica solto, perdendo a eficiência do tratamento (ORTHOINFO, 2018, texto digital).

Na Figura 12 abaixo pode-se observar quatro tipos diferentes de fraturas: Extra articular, sem desvio; Intra-articular, sem desvio; Extra-articular, com desvio e Intra-articular, com desvio.

Figura 12 - Tipos de fraturas de punho



Fonte: Orthoinfo (2018, texto digital).

Fortalecendo o que comentam os autores acima, as fraturas de rádio distal são traumas que acontecem respondendo de 10% a 12% das fraturas do esqueleto humano, e ocorrem por quedas da própria altura, principalmente em mulheres idosas, em jovens devido aos traumas de grande energia, ou seja, acidentes violentos de trânsito, e em esportistas por quedas de grandes alturas (XAVIER et al., 2011).

Uma dificuldade encontrada por pacientes que fazem uso de gesso para imobilizar a fratura é a higiene pessoal, pois o gesso não pode ser molhado ou umedecido. Uma maneira muito usada para tentar impedir que isso aconteça, é o uso de sacola plástica para envolver o braço durante o banho. Muito dos pacientes com esse tipo de fratura abandonam ou retardam com frequência o tratamento (ORTHOINFO, 2018, texto digital).

2.5 Órteses

Carvalho (2006, p. 4), diz que:

As órteses já eram utilizadas antes do nascimento de Cristo, pelos povos egípcios. Por volta de 3220 a.C, desenvolveu-se boa parte das práticas e ferramentas as quais domina-se hoje, certamente são os relatos mais antigos da história. Por volta de 2750-2625 a.C resquícios arqueológicos mostram através de pinturas, homens utilizando órteses, que eram apenas talas, vestidas no membro desejado para o tratamento de luxações fraturas e deformidades. Em 460-375 a.C, Hipócrates um médico grego considerado o pai da medicina escreveu sobre o uso de aparelhos ortopédicos para o tratamento de fraturas, luxações e deformidades congênitas.

Por volta de 199-129 a.C, Galeno foi considerado por alguns como o pai da medicina do esporte e deu continuidade aos ensinamentos de Hipócrates, escrevendo sobre órteses escolióticas, e em seus estudos foi o primeiro a utilizar os termos cifose, lordose e escoliose, foi também médico cirurgião dos gladiadores da época (EDELSTEIN; BRUCKNER, 2006).

A história das órteses traz outro fator de extrema importância, referente aos materiais utilizados na confecção deste produto, que estão em constante evolução andando lado a lado com as tecnologias aplicadas. Antes os materiais eram pesados e densos, hoje, no entanto são mais leves (CARVALHO, 2006).

No Brasil, pessoas com deficiências que necessitam de algum tipo de TA, representam o percentual de 23,9% da população nacional, de acordo com os dados do Censo 2010, número que quase dobra se comparado com o Censo de 2000 que atingiu o percentual de 14,5%. Segundo os dados realizados e disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (RODRIGUES; ALVES, 2013).

Carvalho (2006) descreve a palavra órtese como derivada do grego *orthos* e *tiheme*, que significam respectivamente “correção” e “colocação”, e a determina como mecanismo aplicado junto a uma parte externa específica do corpo, promovendo a melhora funcional do paciente que apresenta algum tipo de disfunção ou necessita de suporte. Também definida como um dispositivo exoesquelético, utilizado em várias partes do corpo com a finalidade de promover alinhamento, buscando sempre a posição funcional mais adequada.

De acordo com a Associação Médica Brasileira (AMB), as próteses são qualquer aparato permanente que substitui totalmente ou parcialmente um membro, órgão ou tecido. A prótese também se classifica como: interna ou implantada (ex: prótese articular, válvula cardíaca, ligamento artificial, etc.); externa ou não implantada (ex: prótese para membro); implantada total ou parcialmente por ato cirúrgico ou percutâneo (ex: implante dentário) (CAMARGO, 2017, p. 6).

Já as órteses são classificadas por ser uma peça permanente ou transitória, utilizada no auxílio de um membro, órgão ou tecido, auxiliando na deficiência do paciente ou impossibilitando o agravamento de uma deformidade. Essa órtese pode ser:

Interna ou implantada: (ex: instrumental para estabilização de coluna, marca-passo, etc.) ou externa ou não implantada (ex: talas, aparelhos ortopédicos, bengalas, muletas, coletes, aparelhos auditivos, óculos, lentes de contato, aparelhos ortodônticos, etc.) (CAMARGO, 2017, p. 6).

As órteses têm papel fundamental na reabilitação de uma grande variedade de pacientes. Neste campo incluem-se aplicações para o pescoço, tronco, membros superiores e membros inferiores. São utilizadas para controlar movimentações excessivas ou indesejadas (EDELSTEIN; BRUCKNER, 2006), apresenta finalidades tais como evitar o aparecimento de deformidades, corrigir as que já existem, reduzir e evitar movimentos exagerados. Atuam de três maneiras: evitando movimentos indesejados, limitando e estabilizando linhas de movimento das articulações e atua também no alívio do peso corporal nas articulações (RECUPERARTE, 2017, texto digital).

São cuidadosamente projetadas para cada indivíduo, com o objetivo de controlar o movimento exagerado do corpo, para manter um alinhamento ou repouso. A órtese requer ajuste confortável no membro utilizado, caso contrário, pode causar lesões na pele e outros desconfortos, fazendo muitas vezes com que a órtese seja dispensada pelo paciente sem que o mesmo termine o tratamento adequadamente (EDELSTEIN; BRUCKNER, 2006).

Normalmente quem toma a decisão de seleção de medidas e alinhamento do paciente é o ortesista, ele fica responsável também pela escolha do material usado na órtese, o *design* que o objeto terá, a prova e a entrega do material para o paciente. Geralmente esse profissional não trabalha sozinho, mas sim com um conjunto de fisioterapeutas e outros profissionais da área, tornando se assim uma

equipe multiprofissional, que avalia cada caso individualmente, discutem e determinam qual será o tratamento mais adequado (CARVALHO, 2006).

Inovações são pesquisadas e aprimoradas diariamente. Uma das tecnologias que vem sendo aplicada na área da saúde é a impressão 3D, que tem sido utilizada na construção de órteses personalizadas e adequadas à anatomia do paciente, com maior leveza, conforto e facilidade de higienização, promovendo a adesão ao tratamento e recuperação do usuário com maior rapidez (TECH4HEALTH, 2016, texto digital). Colabora na reabilitação de forma mais segura e também diminui riscos de inflamação e proliferação de bactérias (GAZETA DO POVO, 2016, texto digital).

2.5.1 Tipos de órteses

Para Lehm (2017, texto digital), as órteses devem ser facilmente ajustáveis, moldáveis, de fácil manutenção para limpeza, práticas, de fácil colocação, simples, confortáveis e livres de pontos de pressão.

Hoje existe uma variedade muito grande de tipos e modelos de órteses, cada uma projetada para um determinado fim, porém nem todos se adaptam às necessidades do usuário. Fabricadas de vários materiais e tecnologias diferentes, pode-se ver na Figura 13 uma órtese de Punho, Mão e Dedos, confeccionada em PVC moldado, revestimento removível de tecido em algodão atalhado, rebites de metal e fechamento em velcro. Na Figura 14 tala Confeccionada em Neoprene com ajuste em velcro. Na Figura 15 tala para polegar Chantal, confeccionada em ABS moldado com tirantes aderentes de velcro e na Figura 16 tala confeccionada em PVC moldado, possui tirantes aderentes e forro de espuma.

Figura 13 - Órtese de punho, mão e dedos



Fonte: Mestre Ortopédicos e Esportivos (2018, texto digital).

Figura 14 - Tala em neoprene



Fonte: Amazon (2017, texto digital).

Figura 15 - Tala para polegar Chantal



Fonte: FisioStore (2017, texto digital).

Figura 16 - Tala em PVC moldado



Fonte: FisioStore (2017, texto digital).

2.6 Impressão 3D

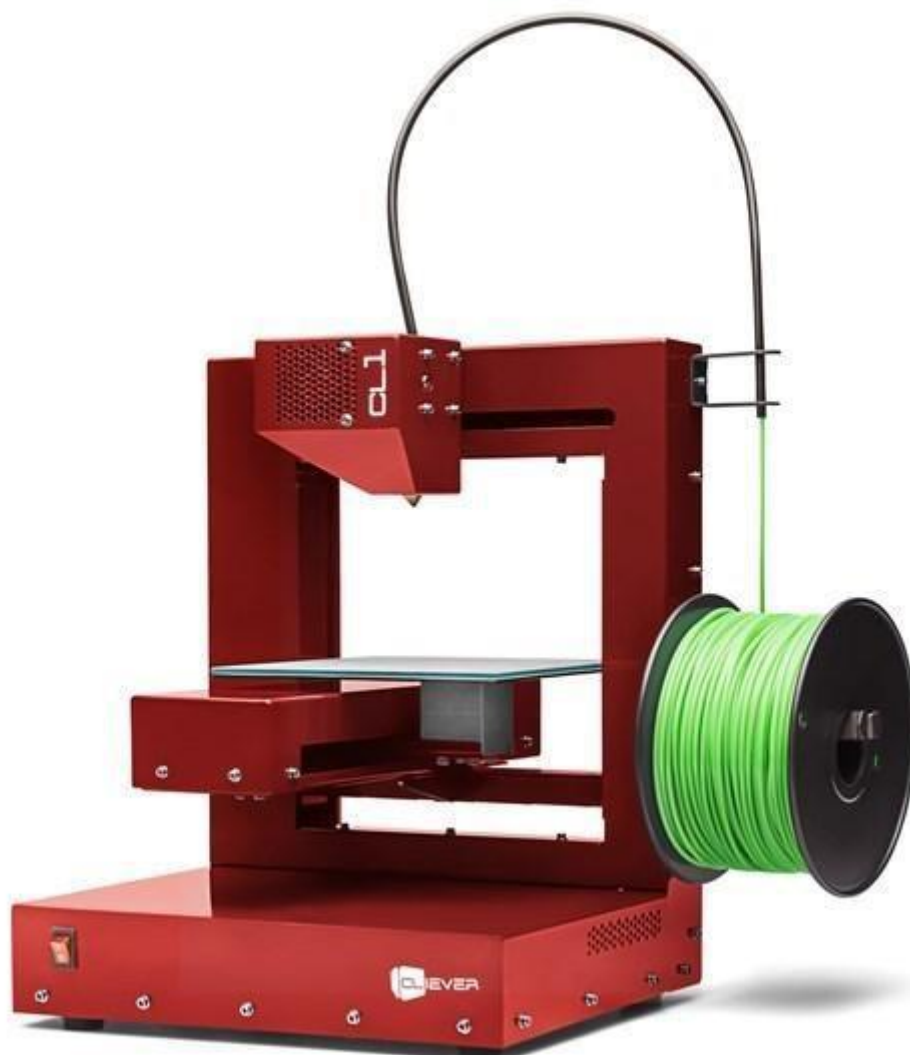
De acordo com Neto (2016a, texto digital) parece novidade, mas na verdade, a impressão 3D foi desenvolvida a mais de 30 anos, por volta de 1984 na Califórnia (EUA) pelo engenheiro Chuck Hull. Foi criada com intenção de melhorar e acelerar o processo de produção. Hull trabalhava em uma fábrica que utilizava luz UV para aplicar finas camadas de plástico em mesas e móveis, produção que demorava quase dois meses para ser concluída. Insatisfeito com a demora acreditava que se colocasse várias camadas de resina sobrepostas e gravasse com a mesma luz UV, teria um objeto em formato tridimensional.

Sendo assim, passou fazer testes em sua garagem. Um ano depois, atingiu o resultado desejado, fundou em 1986 a sua empresa 3D Systems. Patentou o produto e logo conseguiu verba para a fabricação da impressora, em 1988 foi lançada a primeira versão da tecnologia, o que foi um verdadeiro sucesso entre os setores automotivo, aeroespacial e no setor da saúde, produzindo vários equipamentos médicos (NETO, 2016, texto digital).

O desenvolvimento de protótipos por impressão 3D é semelhante às impressoras comuns, onde o cabeçote deposita a tinta sobre o papel, linha por linha. No sistema de impressão tridimensional o produto é desenvolvido graficamente em 3D no software computacional e em seguida o modelo é convertido em coordenadas, dividindo-se em camadas planas (VOLPATO et al. apud JUNIOR; MARQUES, 2018, texto digital).

Segundo Junior e Marques (2018, texto digital, p. 2), “as impressoras 3D são máquinas de prototipagem rápida, desenvolvidas para criar produtos inovadores no menor tempo possível, se diferenciando das máquinas convencionais”. Inicialmente, a impressão era destinada apenas para a indústria, porém, esse segmento se expandiu, tendo atualmente como objetivo de pesquisadores, tornar possível a utilização dessa tecnologia em escritórios e residências particulares. Na Figura 17 abaixo pode-se ver a primeira impressora 3D 100% brasileira.

Figura 17 - Primeira impressora 3D 100% brasileira



Fonte: Ciriaco (2013, texto digital).

Segundo Neto (2016a, texto digital), “hoje, qualquer um pode, com um clique, transformar insumos em brinquedos, ferramentas, próteses, instrumentos musicais, enfeites e materiais diversos”.

Conforme Raulino (2011), a impressão 3D apresenta uma gama de vantagens aplicada em vários setores, aprofundada na área acadêmica, vem sendo explorada no setor da medicina, principalmente no desenvolvimento de próteses e órteses personalizadas. As barreiras vêm sendo superadas, e a cada dia a impressão vem adquirindo um novo espaço.

Neste contexto, para Garcia (2010), as vantagens são inúmeras, entre elas a redução do tempo e do custo, a tecnologia aplicada é relativamente rápida, evita prejuízos, e diminui as falhas no produto, apresenta maior qualidade e melhores resultados. O uso da impressão 3D na medicina e na produção de peças biomédicas viabiliza a elaboração de novos produtos terapêuticos garantindo melhor prognóstico a muitos pacientes e proporcionando melhor qualidade de vida.

A cada ano vem crescendo o número de pessoas com algum tipo de deficiência ou fratura, os principais motivos são: acidentes automobilísticos e motociclísticos, atropelamentos, quedas (principalmente em idosos) e acidentes esportivos. Uma das formas de tratamento são as talas e aparelhos gessados, estes são pesados desconfortáveis, causadores de mau cheiro e coceira. Motivos que causam o abandono ao tratamento, prejudicando a recuperação e a inserção do paciente na sociedade.

A impressão 3D tem transformado esse panorama, com a construção de órteses personalizadas adequadas a anatomia do paciente, com maior leveza, conforto e facilidade de higienização, promovendo a adesão ao tratamento e recuperação do usuário com maior rapidez (TECH4HEALTH, 2016, texto digital).

Para desenvolver as órteses personalizadas, que proporcionem conforto e qualidade ao usuário é necessário encontrar o material ideal. A impressão 3D trabalha com os mais variados tipos, como: cerâmica, cera, areia, nylon, resina entre outros. Porém os mais utilizados na confecção deste produto são os polímeros: PLA, ABS e PETG (3DILLA, 2017, texto digital).

2.6.1 Especificação de Polímeros

2.6.1.1 PLA - Ácido Polilático

É um termoplástico biodegradável derivado do amido de milho, mandioca e da cana de açúcar, fazendo com que a degradação seja muito mais rápida em torno de 24 a 48 meses. Disponível em várias cores, brilhantes, opacas e translúcidas. Bastante rígido e resistente, de alta dureza, dificultando a flexibilidade. Tornando-se

pouco resistente a impactos e tornando-se contraindicado para peças que possuem encaixes.

Produz objetos mais precisos, fiéis aos detalhes e com acabamento diferenciado. Material com baixa resistência a altas temperaturas, podendo se deformar a partir de 60C°, indicado para produção de maquetes, peças de cosplay e decoração. De baixo custo e rapidez de impressão as peças de PLA podem ser unidas utilizando cianoacrilato ou cola epóxi (IMPRESSÃO 3D FÁCIL, 2015, texto digital).

2.6.1.2 ABS – Acrilonitrila Butadieno Estireno

Termoplástico derivado do petróleo leva muito mais tempo para se degradar, apresenta aspecto fosco, disponível em várias cores opacas, de material rígido, dispõe de uma ótima resistência a impactos e altas temperaturas deformando-se a partir de 105C°. Produz peças fortes, levemente mais flexíveis que o PLA, permitindo encaixes dependendo do formato das peças. Indicado para protótipos funcionais, não possui contraindicação e as peças podem ser unidas com cianoacrilato e cola epóxi, bem como usar a acetona como solvente para soldá-las (IMPRESSÃO 3D FÁCIL, 2015, texto digital).

2.6.1.3 PETG – Politereftalato de Etileno Glicol

Termoplástico derivado do petróleo, reciclável, brilhoso apresenta-se em diversas cores, algumas translúcidas e transparentes. Tão resistente a impactos e flexível quanto o ABS, porém menos resistente a altas temperaturas, podendo se deformar a partir de 88°C. Ideal para peças que necessitam de encaixe e flexibilidade, mantendo a resistência, e ótimo acabamento de superfície. Bastante indicado para peças funcionais e decorativas.

Não possui contra indicação de uso, no entanto o custo de impressão mais elevado e o tempo de impressão é maior. Da mesma forma que o PLA, as peças podem ser unidas utilizando cianoacrilato ou cola epóxi. Tendo em vista o uso

desses três polímeros acima citados mostra na tabela abaixo a comparação dos materiais, especificando a características técnica de cada um. Dessa forma pode-se ver a diferença entre eles, e qual se aplica de melhor maneira para o produto desejado (IMPRESSÃO 3D FÁCIL, 2015, texto digital).

Tabela 2 - Comparação de materiais

Propriedade/Desempenho	Menor	Médio	Maior
ECOLÓGICO	ABS	PETG	PLA
BRILHO	ABS	PLA	PETG
TRANSPARÊNCIA	ABS	PLA	PETG
RIGIDEZ/DUREZA	PETG	ABS	PLA
RESISTÊNCIA IMPACTOS	PLA	ABS	PETG
FLEXIBILIDADE	PLA	ABS	PETG
PRECISÃO EM DETALHES E CANTOS	ABS	PETG	PLA
QUALIDADE DE SUPERFÍCIE DA PEÇA	ABS	PETG	PLA
RESISTÊNCIA A ATRITOS	PLA	ABS	PETG
RESISTÊNCIA ALTAS TEMPERATURAS	PLA	PETG	ABS
FACILIDADE DE PÓS PROCESSAMENTO	PLA	PETG	ABS
DENSIDADE	ABS	PLA	PETG
PREÇO POR CM3/GRAMA/HORA	PLA	ABS	PETG

Fonte: Da autora, adaptado de Impressão 3D Fácil (2015, texto digital).

A partir de um estudo, e com base nas características pode-se escolher o polímero mais adequado para cada tipo de projeto, na imagem abaixo, é capaz de ser visualizado a diferença de cada material acima citado. A Figura 18 mostra a diferença de impressão 3D utilizando os polímeros, ABS, PLA e o PETG.

Figura 18 - Polímeros ABS, PLA e PETG

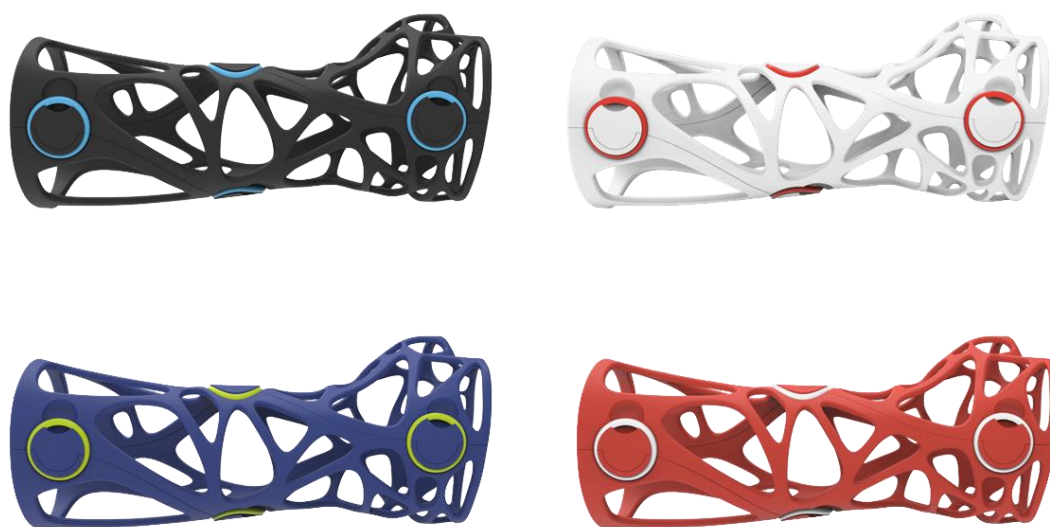


Fonte: Impressão 3D Fácil (2015, texto digital).

2.6.2 Projeto de órtese em impressão 3D

Como já citado em alguns parágrafos anteriores, a impressão 3D está entrando com força no mundo das órteses, pode-se ver um exemplo disso a seguir. A Figura 19 mostra variedade de cores dessas órteses.

Figura 19 - Variedade de órteses



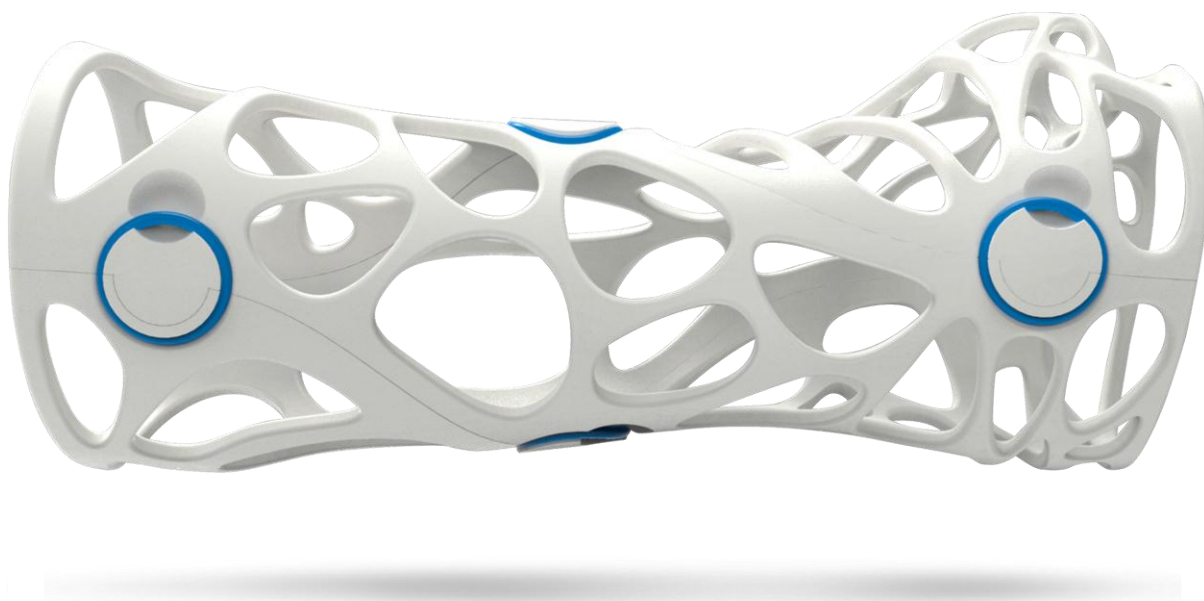
Fonte: XKelet (2017, texto digital).

Enquanto todos gostaríamos de pensar que somos invencíveis, sabemos que o corpo humano é muito frágil. Então, quando as coisas se quebram, é quase como acrescentar insulto à injúria ter que andar por semanas com um daqueles estranhos moldes de papel machê. Pior ainda, significa que temos que fazer o nosso melhor para evitar toda a água. É por isso que ficamos tão entusiasmados quando descobrimos o elenco impresso em Xkelet 3D (XKELET, 2017, texto digital).

A *Xkelet 3D Printed Cast* é uma órtese desenvolvida para pessoas que gostam de praticidade, pois essa órtese apresenta a vantagem de ser completamente à prova de água, para os apaixonados por água, e que gostam de nadar, surfar ou até mesmo tomar um simples banho sem incômodos (XKELET, 2017, texto digital). É personalizada para adaptar-se exatamente ao corpo do paciente, pode ser removido para limpeza sempre que necessário, desenvolvida em duas peças, mantidas unidas por anéis de borracha, proporciona ao indivíduo liberdade e facilidade para suas práticas de atividades cotidianas.

Este projeto possui um aplicativo próprio de escaneamento o XK, que pode ser utilizado por profissionais médicos, que escaneiam o membro fraturado. Produzida com a tecnologia de impressão 3D tem o PLC (nylon em pó e policaprolactona) como material, que é um polímero biodegradável que pode ser absorvido pelo organismo (NASCIMENTO, 2016, texto digital). Figura 20 mostra como a órtese é fixada, através de anéis de borracha.

Figura 20 - Fixação da órtese



Fonte: XKelet (2017, texto digital).

“Graças ao estado da tecnologia de impressão em 3D, mudamos o paradigma do método tradicional de imobilizações pós-traumáticas e terapêuticas” (XKELET, 2017, texto digital).

3 METODOLOGIA

Tendo em vista que o presente projeto visou investigar a viabilidade da impressão 3D na produção de órteses corretivas, foi adotada uma metodologia que permitiu modificações ao longo do processo de investigação.

Devido a esse fato optou-se pela utilização da metodologia de Bruno Munari (2008), uma vez que o autor destaca que o método projetual para o *designer* não é definitivo, pelo contrário, ele pode ser modificado caso se encontre outros valores ou objetivos que melhorem o processo.

Munari (2008) destaca que mesmo no campo do *design*, onde é possível pensar e planejar de forma artística, não se deve projetar sem um método. Segundo o autor, o método projetual nada mais é do que uma série de operações necessárias, dispostas por ordem lógica, para se atingir o melhor resultado com o menor esforço. Para desenvolver este projeto, primeiro buscou-se compreender, por meio de um referencial teórico, o que são órteses, quais os materiais atualmente usados em sua produção, bem como seus benefícios, vantagens e restrições, além da pesquisa de materiais e tecnologias atuais de projeto e produção de objeto.

3.1 O método

As propostas metodológicas propostas por Munari (2008), utilizadas para o desenvolvimento deste projeto foram:

- **Problema:** Segundo o autor, o problema no *design* resulta de uma necessidade. Na primeira etapa, estabeleceu-se o problema de modo geral. No projeto foi descrito o seguinte problema: Como melhorar a órtese e sua tecnologia de fabricação, de modo que mais pessoas tenham acesso e se adaptem melhor ao produto, proporcionando maior conforto e promovendo maior adesão ao tratamento.

- **Definição do problema:** etapa na qual foi preciso determinar limites, estabelecendo assim, um norte para o projeto. Neste caso, optou-se por trabalhar com um material, até então não muito utilizado para tal finalidade, e com uso, se possível, da impressão 3D, tendo como foco de estudo a imobilização de fraturas de punho.

- **Componentes do problema:** para Munari (2008), qualquer problema pode ser dividido em componentes. Entende-se por “componentes” qualquer elemento que constitui o problema. Neste projeto caracteriza-se como componentes, as órteses, seus materiais, a tecnologia usual de fabricação, e a possível melhoria na adesão ao tratamento pelos usuários, com o auxílio da projeção e impressão 3D.

- **Coleta e análise de dados:** Etapa onde os dados dos materiais semelhantes aos que foram utilizados no projeto, foram coletados por meio de um referencial teórico, a partir de artigos, livros, revistas e pesquisas online.

- **Criatividade:** nesta etapa da metodologia foram investigados materiais e testados alguns dos possíveis equipamentos utilizados para a construção de uma órtese, além de testes de modelagens em software e impressões 3D para a obtenção dos modelos mais refinados e precisos que se ajustem ao usuário. Nesta etapa da metodologia ainda foram construídos painéis semânticos de modelos de órteses já existentes no mercado e outros elementos para referência de criação.

- **Experimentação:** para Munari (2008), a experimentação destina-se à fase para potenciais descobertas de novas aplicações de materiais, de técnicas ou de instrumentos. No caso de um projeto e seleção de materiais para uma órtese, podem-se realizar experimentações acerca da modelagem, concepção de desenho, elementos constituintes e partes, definição de critério de formas, etc. Na prática, a

etapa de experimentação resultou em diferentes amostras no intuito de promover o direcionamento mais adequado do projeto e a definição das melhores alternativas.

- **Modelos:** nesta etapa, as melhores alternativas, oriundas da fase de experimentação, se transformaram em modelos. Portanto, a etapa denominada “modelos” diz respeito ao material que foi produzido e obtido após a experimentação.

- **Verificação:** destinada para apresentação dos modelos para os possíveis usuários, a etapa de verificação objetiva investigar se o projeto está adequado a proposta e aos requisitos pré-estabelecidos. A partir da verificação é possível coletar resultados positivos ou negativos, necessários para o ajuste final do projeto.

- **Solução:** após a verificação e ajustes necessários, foi possível passar para a última etapa, que consiste na solução do problema definido nas etapas anteriores, ou seja, na etapa de solução, obtém-se o projeto final da possível órtese.

3.2 Coleta de dados

Como falado anteriormente, boa parte dos dados necessários para este projeto foram coletados durante o Trabalho de Conclusão de Curso I, por meio de livros, artigos científicos, *Scielo*¹ e referenciais bibliográficos, sem restrições de período de publicação. Entretanto se fez necessária a investigação mais aprofundada acerca de produtos e projetos semelhantes, bem como os materiais utilizados na produção dos mesmos.

Hoje existem diversos tipos, tamanhos e modelos de impressoras, uma tecnologia que vem avançando. Ultrapassado o espaço no mercado, é possível encontrar impressoras 3D menores, que fazem protótipos e pequenas peças, até as mais complexas que imprimem peças grandes de extrema precisão. Essa tecnologia está atingindo padrões elevados e, a cada dia somando e completando na área da saúde, tendo uma grande participação no auxílio de cirurgias pela impressão de órgãos ultrarrealistas e até mesmo substituindo pedaços de ossos.

¹ Scielo - É um banco de dados bibliográficos, biblioteca digital e modelo cooperativo de publicação digital de periódicos científicos brasileiros de acesso aberto.

Para a esta etapa, foi realizado um estudo para entender o funcionamento e qual tipo de impressora se mostrou mais adequada para a impressão de órteses. Foram pesquisadas várias impressoras e selecionadas quatro, que se evidenciaram apropriadas para a finalidade desse projeto.

3.3 Impressoras 3D

As impressoras 3D conseguem imprimir qualquer tipo de coisa utilizando a tecnologia de impressão tridimensional. Os materiais utilizados nas impressões costumam ser polímeros para a reprodução de protótipos rápidos. Ao fazer a leitura de arquivos para impressora 3D, é possível criar os mais diversos tipos de objetos, como peças decorativas, protótipos em escala reduzidas ou em tamanho real, os Anexos A até E, mostram os vários modelos e especificações dessas impressoras.

3.4 Escaneamento

Foi observado também a importância de um bom scanner para bons resultados, e modelos mais fiéis das características do braço, dessa forma foram pesquisados vários scanners e selecionados três modelos que se mostraram mais adequados para a finalidade desse projeto.

Esse produto funciona a partir de uma câmera e um sensor infravermelho que capturam os recursos visuais e geométricos de um objeto e os convertem em um modelo 3D. Fazendo assim possível a criação de modelos exatos do membro ou objeto desejado.

3.4.1 Scanners

3.4.1.1 Scanners 3D Portáteis: GO SCAN 3D

Esse scanner oferece uma rápida experiência de digitalização 3D portátil, com medições rápidas e confiáveis, pode-se capturar dados 3D totalmente coloridos, muito versátil pode ser utilizado por qualquer pessoa e empregado em uma grande variedade de aplicações.

Na Figura 21 pode ser conferido o scanner e a imagem formada no software a partir do escaneamento.

Figura 21 - Scanner GO SCAN 3D e busto escaneado



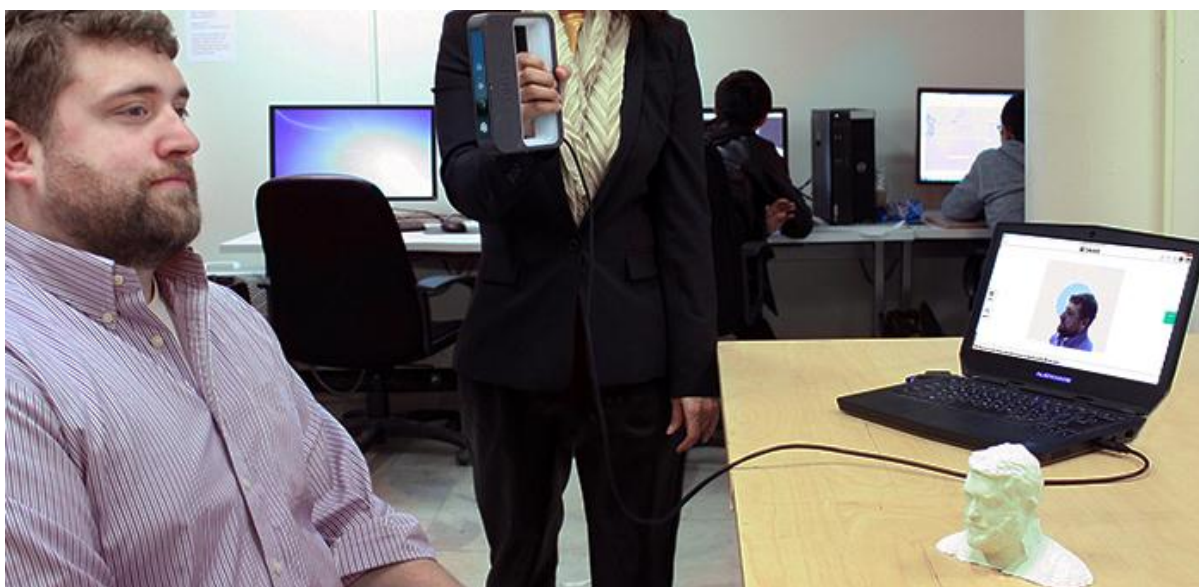
Fonte: 3DNatives (2018, texto digital); Imaterialize (2014, texto digital).

3.4.1.2 Scanner 3D Sense

O Scanner *Sense 3D* é leve, rápido, prático, altamente portátil e pequeno o suficiente para caber na bolsa do seu laptop, dando possibilidade de digitalização de dados onde quer que esteja. Sense oferece digitalização 3D colorida para uso em sua casa, escola e negócios. Para fazer arquivo e preservar produtos e itens como dados 3D coloridos e objetos de digitalização para iniciar o *design* de aplicativos de jogos em 3D.

Na Figura 22 pode-se observar o escaneamento de um busto humano, digitalizado e impresso em tecnologia 3D.

Figura 22 - Escaneamento de busto humano



Fonte: Creaform (2018, texto digital).

3.4.1.3 Scanner Exascsn

O scanner, pertencente à primeira geração de scanners *Handy Scan 3D*, foi lançado em 2007. Muito utilizado para a prototipagem rápida, potencialmente realizada em qualquer tipo de ambiente, é um produto leve e portátil, pesa 1,25Kg e têm dimensões de 172 x 260 x 216 mm.

Na Figura 23 observa-se o scanner e a imagem de um produto escaneado a partir desse modelo.

Figura 23 - Produto escaneado



Fonte: Creaform (2018, texto digital).

Nessa etapa pode-se observar mais especificações sobre dois produtos chave para a realização de uma órtese, são elas a impressora 3D e o scanner, dessa forma a personalização do produto pode ser concluída.

3.5 Criatividade

Para esta etapa foram realizados diversos esboços a mão livre da órtese, pensados principalmente para atender o requisito de possibilidade de impressão, para a etapa de modelos foram desenhados também modelos de encaixes como mostram as figuras abaixo.

Todos os modelos esboçados foram pensados principalmente para que tenham a possibilidade de ser impressor tridimensionalmente, com rasgos que vão se abrindo e fechando ao longo da impressão.

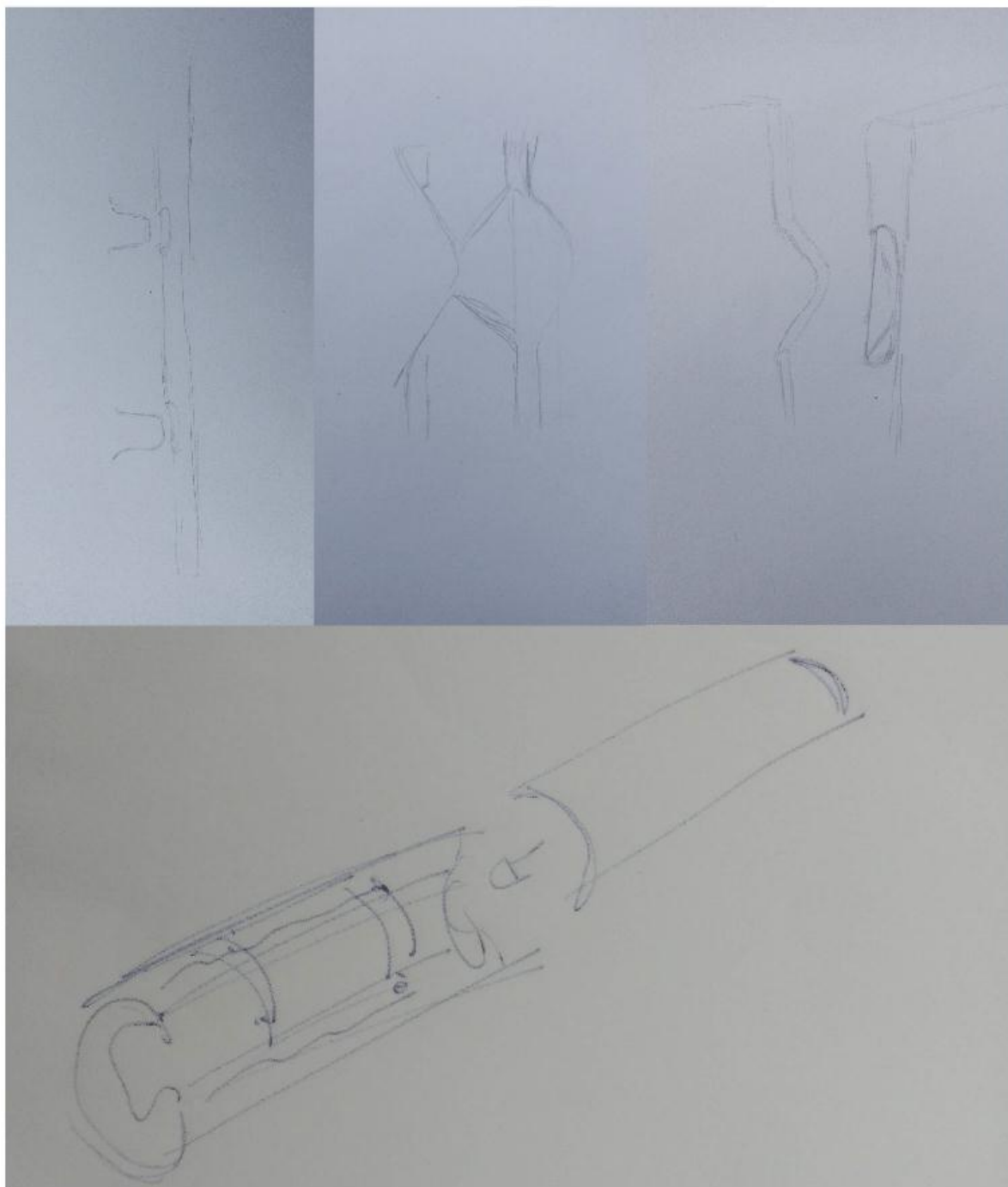
Figura 24 modelos desenhados em forma de esboço para órtese e na Figura 25 modelos desenhados para o encaixe da órtese.

Figura 24 - Esboço de modelos para a órtese



Fonte: Da autora (2018).

Figura 25 - Esboço de modelos para encaixe da órtese



Fonte: Da autora (2018).

Dessa forma foi possível determinar, ajustar e escolher o melhor modelo, conduzindo a criação do desenho final da órtese com maior aperfeiçoamento em ambas as partes, a órtese em si e o seu fechamento.

Nesta etapa foram experimentadas diversas alternativas, tanto para a produção dos modelos, quanto dos moldes. Como praticamente todo o projeto criativo, foram utilizados diversos testes e ensaios em desenho de punho para melhor observar, entender e comparar as alternativas. Ao longo do texto poderá ser visualizado cada etapa e como se deu a obtenção do resultado final.

O primeiro passo: A escolha do material foi uma decisão importante para o sucesso do projeto, executada após uma análise de materiais. Neste estudo foram avaliados três polímeros: O PLA, ABS e PETG. O que mais esteve ao encontro da proposta para a criação da órtese de punho em impressão 3D foi o Polímero PLA, por ser mais ecologicamente correto, ter maior rigidez/dureza, ser mais preciso em detalhes e cantos, possuir maior qualidade de superfície da peça e ter o menor custo de impressão.

Segundo passo: conforme Munari (2008) aparece a questão Método: Do problema até a solução existe um caminho a ser percorrido. Parece contraditório o afastamento da solução, mas é nesse sentido que conseguimos chegar até ela. Dessa forma foi decidido que a mão/punho seria feita em gesso e em seguida escaneada, foi necessário a criação de um molde em um material de fácil acesso e manuseio. Para fazer o molde utilizou-se o alginato, um material rígido/maleável que permite um molde fiel e muito preciso, muito utilizado em moldes ortodônticos, é um material moldante excelente para práticas de reprodução. Foram necessárias algumas tentativas para acertar as proporções dos produtos (alginato e água), e chegar ao resultado desejado. O alginato foi misturado com água gelada para que retardasse o endurecimento do mesmo, dando tempo para misturar todo o alginato fazendo com que ficasse uma massa uniforme e fácil de ser derramada ao redor da mão em uma “forma” realizada com papelão, confeccionada com as medidas desejadas para atingir o melhor resultado sem desperdício de material. Após o alginato secar e a mão/punho ser retirado da fôrma, é realizado o preparo do gesso, com o pó e água bem misturados é derramado no molde, logo a seguir colocado para secar, no tempo de 24 horas em repouso, as peças foram retiradas das formas e deixadas mais 12 horas para secar ao ar livre.

Na Figura 26 o alginato utilizado para a experimentação dos moldes.

Figura 26 - Alginato utilizado para a experimentação dos moldes



Fonte: Dentalcremer (2018, texto digital).

Primeiro molde foi feito com a mão fechada, na sequência de fotos abaixo, pode se observar o passo a passo da construção do primeiro molde de gesso, que ficou incorreto, pois a mão ficou fechada sem estar em posição de repouso.

A sequência 1 mostra a caixa confeccionada de papelão já com o alginato e o braço posicionado, sequência 2 alginato já moldado e seco com a forma da mão pronto para receber o gesso, sequência 3 alginato com o gesso derramado e ainda em estado líquido, sequência 4 alginato sendo cortado, sequência 5 alginato parcialmente removido e sequência 6 modelo de gesso, com punho fechado pronto e totalmente removido do alginato.

Figura 27 - Sequência de passo a passo do primeiro molde



Fonte: Da autora (2018).

Para realizar os moldes foi confeccionado uma caixa em papelão do tamanho adequado para não haver desperdício de material. Infelizmente as primeiras peças não deram certo, devido a posição da mão (mão fechada) tornando impossível a modelagem tridimensional da mão/punho junto ao dedo polegar, extremamente importante para a confecção da órtese. O segundo modelo não foi diferente, o

alginato ao misturar com a água não alcançou o resultado desejado devido a incorreta mistura de água com o produto que endureceu muito rápido, impossibilitando uma mistura homogênea, não formando assim um molde liso e uniforme (cheio de bolhas), após, foi acertada a quantidade e a temperatura correta da água (gelada), que gerou então uma massa lisa e satisfatória dando tempo suficiente para colocar a mão/punho na posição desejada. O modelo precisava estar na posição correta com os quatro dedos (indicador, dedo maior, anular e mínimo) juntos e o polegar afastado para a correção da fratura de punho.

A Figura 28 mostra a sequência de fotos abaixo que pode ser observar o passo a passo da construção do molde correto de gesso com a mão em posição de repouso/conforto. A sequência 1 mostra a caixa confeccionada de papelão, sequência 2 alginato já moldado e seco com a forma da mão pronto para receber o gesso, sequência 3 alginato já com o gesso seco e pronto para ser removido, sequência 4 alginato sendo cortado, sequência 5 alginato parcialmente removido e sequência 6, 7 e 8 vistas do modelo de gesso pronto e totalmente removido do alginato.

Figura 28 - Sequência de passo a passo molde adequado





Fonte: Da autora (2018).

Terceiro passo: Foram utilizadas duas máquinas para fazer o escaneamento do membro desejado, o primeiro scanner foi o *Optimet*, que escaneou o molde em gesso, criando uma nuvem de pontos e necessitava do software *Geomagic*² para fazer a junção dos mesmos e completar a imagem em uma figura tridimensional, função descartada pela falta do software e conhecimento de uso do mesmo.

Na Figura 29 pode-se ver o braço de gesso sendo escaneado pela *Optimet*.

² Geomagic - Software 3D utilizado para reproduzir objetos de forma tridimensional.

Figura 29 - Braço de gesso sendo escaneado pela *Optimet*



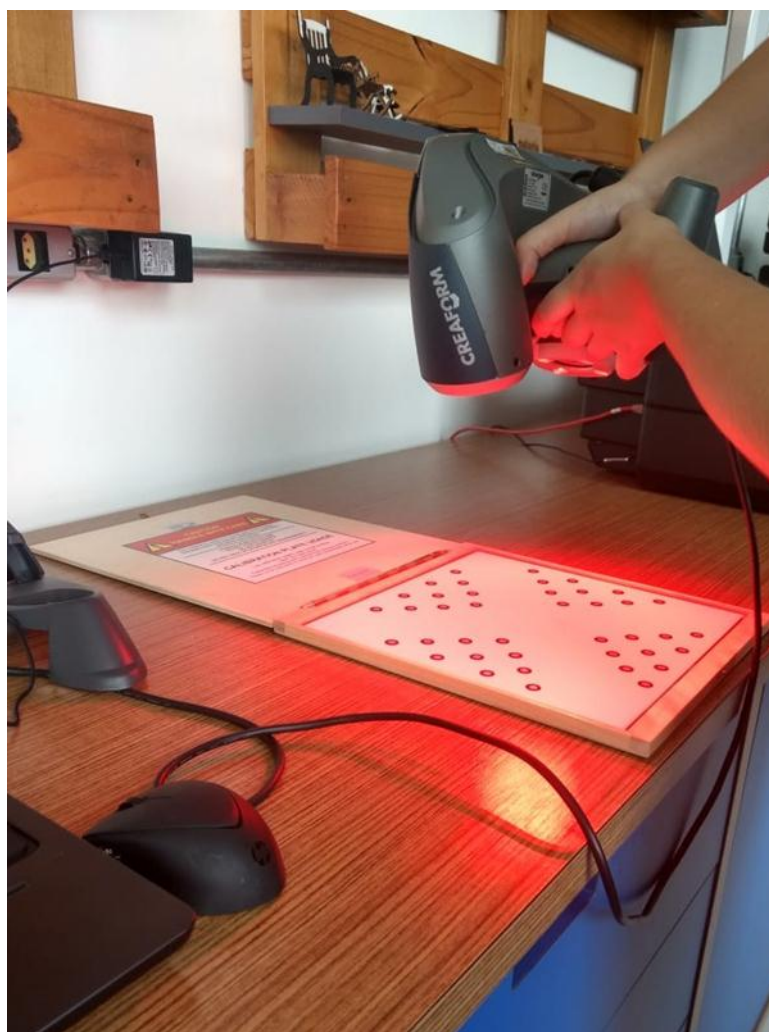
Fonte: Da autora (2018).

Para o segundo momento foi utilizado o scanner disponibilizado também na universidade, o Scanner Laser *Creaform Exascan*, escaneou um modelo com braço humano a partir de um laser, seguindo pontos adesivados, colados ao redor do membro, formando uma malha no software *VXelements4* que foi exportada em arquivo STL.

Surgiram neste momento algumas dificuldades, foi preciso fazer a calibragem da máquina, e em nenhuma das tentativas o escaneamento foi completo e muitas vezes ficou travado. Observou-se que este equipamento necessitava de um profissional habilitado para manuseio da máquina, o que o laboratório ainda não dispunha por motivos de troca de pessoal. Após diversas tentativas, um modelo se mostrou adequado para a proposta requisitada pelo projeto, que tinha como pré requisito a necessidade de possuir vista do antebraço e palma da mão com o dedo polegar aberto, sendo essa a posição de descanso do braço.

A seguir pode-se ver na Figura 30 o scanner *Creaform Exascan* sendo calibrado, na Figura 31 os pontos adesivos necessários para a realização do escaneamento do segundo modelo de scanner, e na sequência de Figuras 32 a malha produzida a partir do escaneamento em três ângulos diferentes para melhor visualização.

Figura 30 - Calibragem do scanner *Creaform Exascan*



Fonte: Da autora (2018).

Figura 31 - Mão com pontos adesivos para o escaneamento



Fonte: Da autora (2018).

Figura 32 - Malha produzida a partir do escaneamento

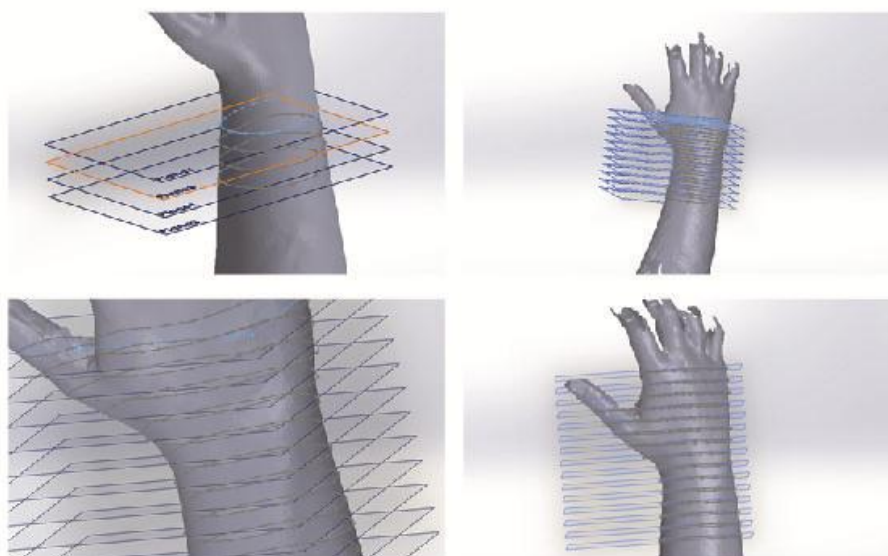


Fonte: Da autora (2018).

Para a modelagem 3D, essa malha foi passada para o software Solidworks³, onde foram estruturados, diversos planos ao longo do braço, fracionando-o em partes menores, de 1 cm (um centímetro) e 0,5 cm (meio centímetro). Foi necessária a colaboração da sombra proporcionada pela malha do braço nas camadas, possibilitando ser realizado o contorno preciso. Os contornos foram unidos, formando um sólido, permitindo mexer na peça sem a necessidade da malha do braço, e em seguida foram criados planos paralelos ao sólido que permitiu o ajuste da abertura para o encaixe do dedo polegar, e permitindo criar padrões de recorte para o respiro da mão/punho.

Na sequência de figuras abaixo, pode-se ver a sombra formada ao redor da malha da mão/punho nos planos das camadas.

Figura 33 - Sombra formada ao redor da malha nos planos das camadas



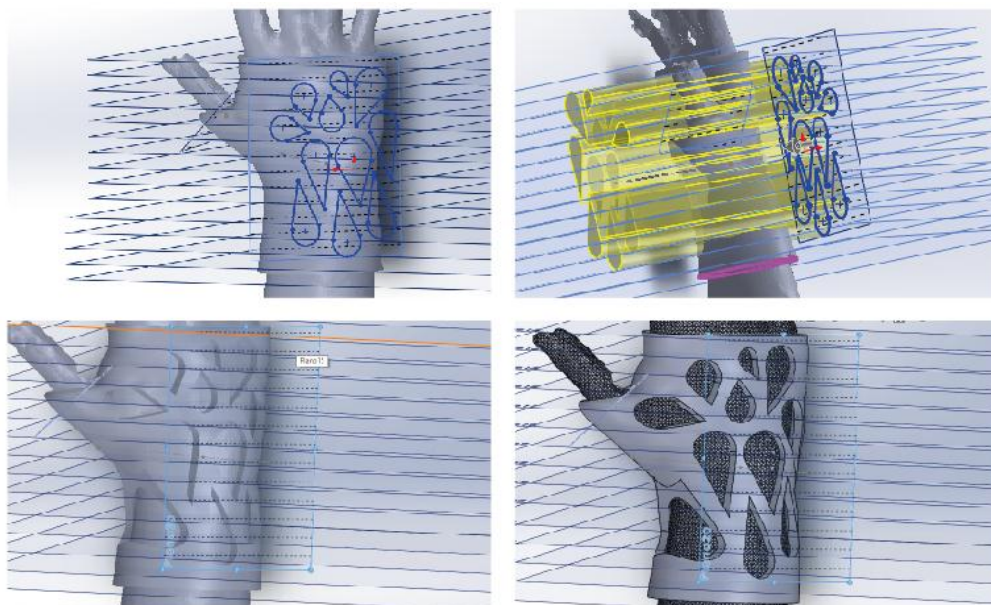
Fonte: Da autora (2018).

Os padrões de modelagem foram todos pensados para que a órtese tenha o melhor desempenho e conforto possível para o paciente que utilizará o modelo, evitando que se acumule água e o braço fique úmido. Foram pensados também em módulos de forma orgânica, com estética agradável e possibilidade de impressão (impressão sem áreas de apoio).

³ Solidworks - É um software de CAD 3D desenvolvido inicialmente pela Solid Works Corporation que funciona no sistema operativo Windows, Muito utilizado para fazer todo o tipo de peças 3D.

Na Figura 34 abaixo pode-se visualizar uma sequência de figuras do primeiro modelo criado para experimento com planos paralelos ao sólido e o primeiro padrão de recorte para o respiro da mão/punho.

Figura 34 - Primeiro modelo criado com planos paralelos ao sólido



Fonte: Da autora (2018).

Para impressão da primeira órtese foi utilizada a impressora de modelo *Micromake 3D DIY Printer* que confecciona peças no tamanho de até 180 mm x 180 mm x 350 mm. Para a conclusão da peça foram necessárias 6h e 40m (seis horas e quarenta minutos) com 140 mm de altura, utilizado o polímero ABS, dividida em duas partes, projetada para que o usuário possa colocar no braço de maneira que não o machuque. Na segunda, foi utilizado a impressora de modelo *Cliever CL2 PRO PRETA/VERD* que confecciona peças no tamanho de até 300 mm x 230 mm x 200 mm. Para a conclusão da peça foram necessárias 10h (dez horas) para cada lateral, 140 mm de altura com polímero PLA. Confeccionada com a mesma proposta da primeira órtese em duas partes, projetada para que o usuário possa colocar de maneira que não o machuque.

Para a fixação das peças foi realizado um teste de impressão com modelos diferentes de pinos. Para comprovar a eficiência de um modelo foi necessário a impressão das peças na vertical seguindo o padrão da órtese, e assim identificar as falhas que poderiam ocorrer em uma impressão da peça com os pinos de fixação.

Logo após o teste de confirmação do melhor pino, foi realizado um teste de cola, para a escolha mais adequada e concretizar a junção entre as partes fixando as laterais da órtese na devida posição.

Para a remoção de uma órtese em impressão 3D foi apontada como mais apropriada a Serra para Gesso Elétrica Oscilatória, com corte preciso. Esta serra é atualmente utilizada para fazer a retirada de talas gessadas. Para fazer essa desconexão não é preciso fazer o corte da peça inteira, mas sim, somente das partes dos pinos de ligação, facilitando a retirada da órtese.

A fim de transmitir a essência da órtese criada, foi feito um levantamento de imagens para a construção de um painel semântico, correspondendo a um quadro de referências visuais, obtendo cores, formas, texturas, cenários e outros conceitos forma que ajudem a elaborar uma geração de alternativas e modelos mais ricos possível.

Abaixo na Figura 35, o painel semântico.

Figura 35 - Painel Semântico



Fonte: Da autora (2018).

3.6 Experimentação

3.6.1 Impressão das órteses em ABS e PLA

Para a fase de experimentação foram necessários alguns ajustes de corte da peça e reajuste no padrão de modelagem, para que a impressão da mesma, fosse possível de ser realizada, diminuir e adaptar rasgos para que a peça ficasse fechada nas laterais, e pudesse ser encaixada no punho e fixada de maneira mais apropriada.

Na Figura 36 o primeiro arquivo para impressão, que precisou ser alterado e na Figura 37 o arquivo final que pode ser impresso.

Figura 36 - Primeiro arquivo para impressão



Fonte: Da autora (2018).

Figura 37 - Arquivo final para impressão



Fonte: Da autora (2018).

Foram impressas duas órteses do mesmo modelo em dois materiais diferentes para que a diferença do material fosse comparada, e assim validar a escolha do polímero mais adequado para a produção de uma órtese. O primeiro modelo foi impresso em polímero ABS na impressora de modelo *Micromake 3D DIY Printer*, com o tempo de 6h e 40m (seis horas e quarenta minutos) em uma resolução de média qualidade com faixas de camadas de 0,20 mm. Em um cálculo gerado pela própria máquina, se essa peça fosse impressa na melhor resolução de 0,06mm, seria necessário cerca de 12 horas para a impressão (informações disponibilizadas pelo operador da impressora).

O segundo modelo foi impresso em polímero PLA na impressora de modelo Impressora 3D *Cliever CL2 Pro*, com o tempo de 10h (dez horas) cada lateral da peça, em uma configuração mais alta (sem mais informações disponibilizadas pelo operador da impressora).

3.6.2 Experimentação de encaixe e cola

Para a experimentação de qual encaixe será mais adequado para realizar a junção das partes da órtese, foram impressas peças de tamanho real em polímero PLA para simular a junção na própria órtese. Foram impressos 3 pares de junções diferentes, impressos na posição horizontal para observação do comportamento e acabamento de cada modelo de pino e para poder comparar qual estabelece a melhor união dos componentes da órtese.

Foi constatada que o pino de número 1 forma vários suportes, tanto nos pinos quanto na parte vazada de encaixe, dificultando a retirada após a peça ficar pronta. O pino de número dois teve um resultado satisfatório, ficando melhor que o pino de número um, sem precisar de suporte de impressão e de tamanho bom, não sendo muito grande nem muito pequeno. Já o pino de número três teve um bom resultado, mas se mostrou muito grande para o tamanho da órtese, dificultando a modelagem.

Sendo assim o pino de número 2 se apresentou impresso adequadamente, sem maiores falhas e se mostrando o modelo de pino mais adequado para a proposta.

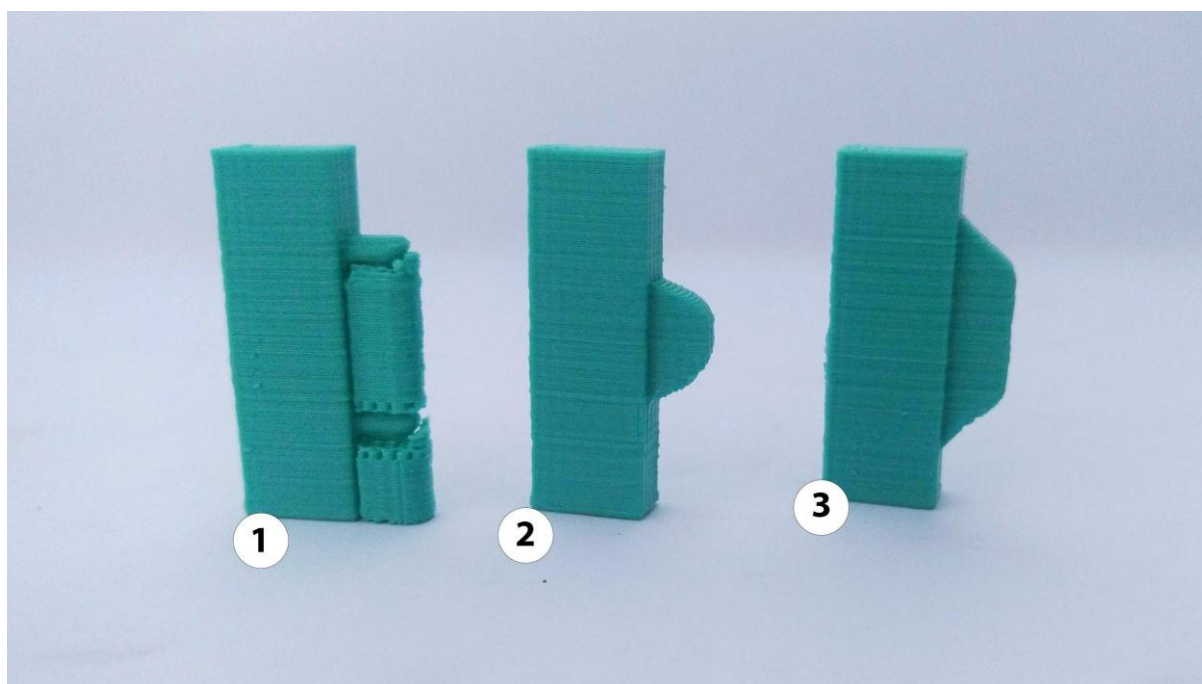
Na Figura 38 pode-se observar o suporte feito na peça 1 e como ela deveria ser sem o suporte na esquerda e na direita como ele constrói uma base para realizar os furos. E nas Figuras 39 e 40 abaixo pode-se ver os pinos de número 1, 2 e 3 e seus respectivos encaixes.

Figura 38 - Diferença de como a peça fez o suporte e a peça como deveria ter sido impressa



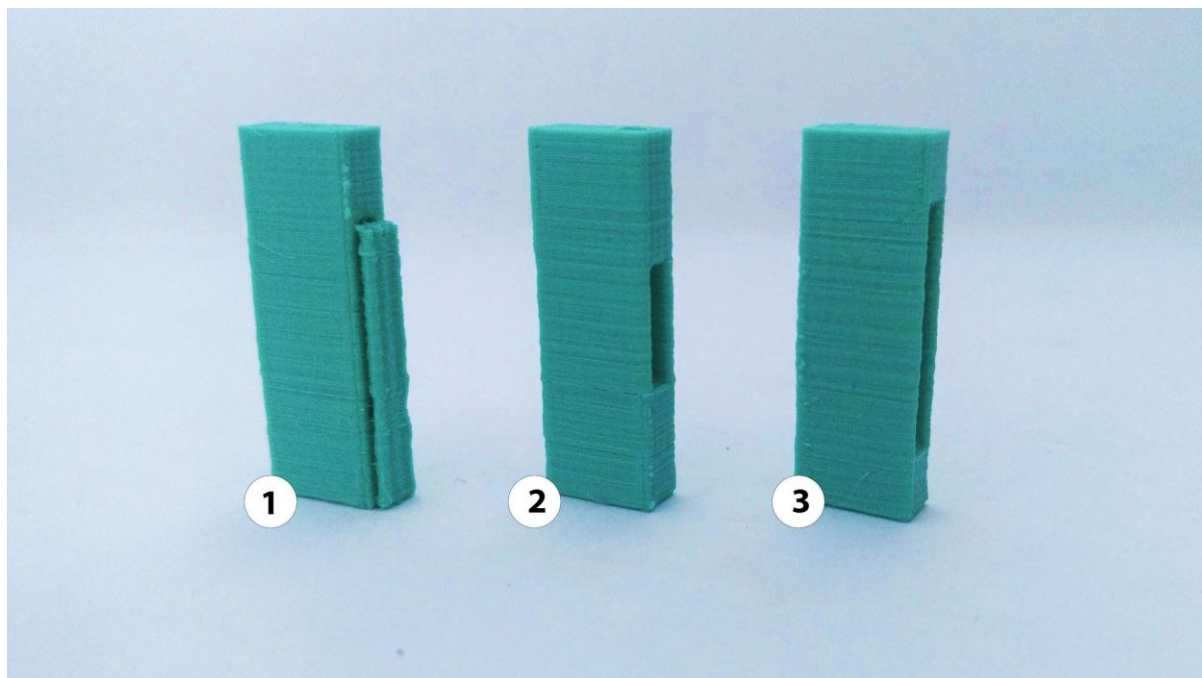
Fonte: Da autora (2018).

Figura 39 - Pinos de número 1, 2 e 3



Fonte: Da autora (2018).

Figura 40 - Respectivos encaixes 1, 2 e 3



Fonte: Da autora (2018).

Para a realização da experimentação de qual cola mais adequada para realizar a junção das partes da órtese, foram coladas duas peças impressas em PLA, com as colas Super Bonder (cola adesiva instantânea universal) e a Rendbond (cola adesiva instantânea),

Para isso, as peças foram coladas ao mesmo tempo, a fim de verificar o tempo de fixação de cada uma delas. Após, as peças foram desgrudadas com muita dificuldade, usando apenas a força das mãos. Foram coladas novamente, mergulhadas em água de temperatura ambiente e temperatura de aproximadamente 40° C com a finalidade de simular um banho quente.

Após estes testes, foi observado que a cola Rendbond têm uma aderência mais eficaz. Este produto apresentou uma secagem mais rápida e se revelou com uma fixação de longa duração, mesmo em contato com água de diferentes temperaturas, ao contrário da cola Super Bonder, que se mostrou mais demorada para fazer a colagem e menos duradoura em contato com água. Sendo assim a cola Rendbond se mostrou mais qualificada para a fixação dos pinos da órtese.

3.7 Verificação

Para a verificação do material escolhido para a impressão final, foram impressas duas órteses, de dois materiais diferentes para que pudesse ser feita a verificação da diferença dos materiais ABS e PLA, e poder comprovar a maior eficiência de um deles para que sejam atingidos os resultados desejados da órtese.

Figura 41 mostra a órtese impressa em ABS. Figura 42 mostra a órtese impressa em PLA.

Figura 41 - Órtese impressa em ABS



Fonte: Da autora (2018).

No primeiro modelo, foi observado que a órtese em ABS utiliza uma impressão de qualidade mediana, com menor tempo de impressão e as duas partes são confeccionadas no mesmo período, é mais leve, contudo, embora as qualidades na impressão observou-se que o produto final não alcançou as expectativas, confirmando os estudos realizados. A peça apresenta maior fragilidade, falhas na impressão, como o espaçamento entre as camadas (mais afastadas), com maior facilidade para a quebra, menor qualidade de acabamentos e cantos, menor qualidade nos contornos e maior preço na fabricação.

Figura 42 - Órtese impressa em PLA



Fonte: Da autora (2018).

No segundo modelo, confeccionado em polímero PLA, impresso em alta qualidade, com maior tempo de impressão, as duas partes são confeccionadas separadas, são leves, com as camadas do polímero mais unidas, mais resistente, com menor possibilidade de quebra devido a esta característica, com melhor acabamento, maior qualidade nos contornos e menor preço de fabricação.

3.8 Solução

Após a conclusão das etapas anteriores, foi constatada que a solução correspondente ao objetivo deste projeto, a órtese teve o resultado parcialmente alcançado, em sua melhor forma, juntamente com os processos tecnológicos empregados nesse processo. Após todos os estudos e desenhos, o projeto pode partir para a escolha efetiva e definindo melhor modelo de órtese em malha de rasgos com mais capacidade de impressão, material mais adequado, scanner e impressora com melhor desempenho para tal finalidade, pino de fechamento da peça, cola para fixação dos pinos e como deverá ser feita a remoção da órtese. Solucionando o problema descrito nos objetivos da primeira etapa.

Para a execução da órtese foi necessário horas de escaneamento, mas com um profissional qualificado pode reduzir esse processo para 30 minutos, o valor é

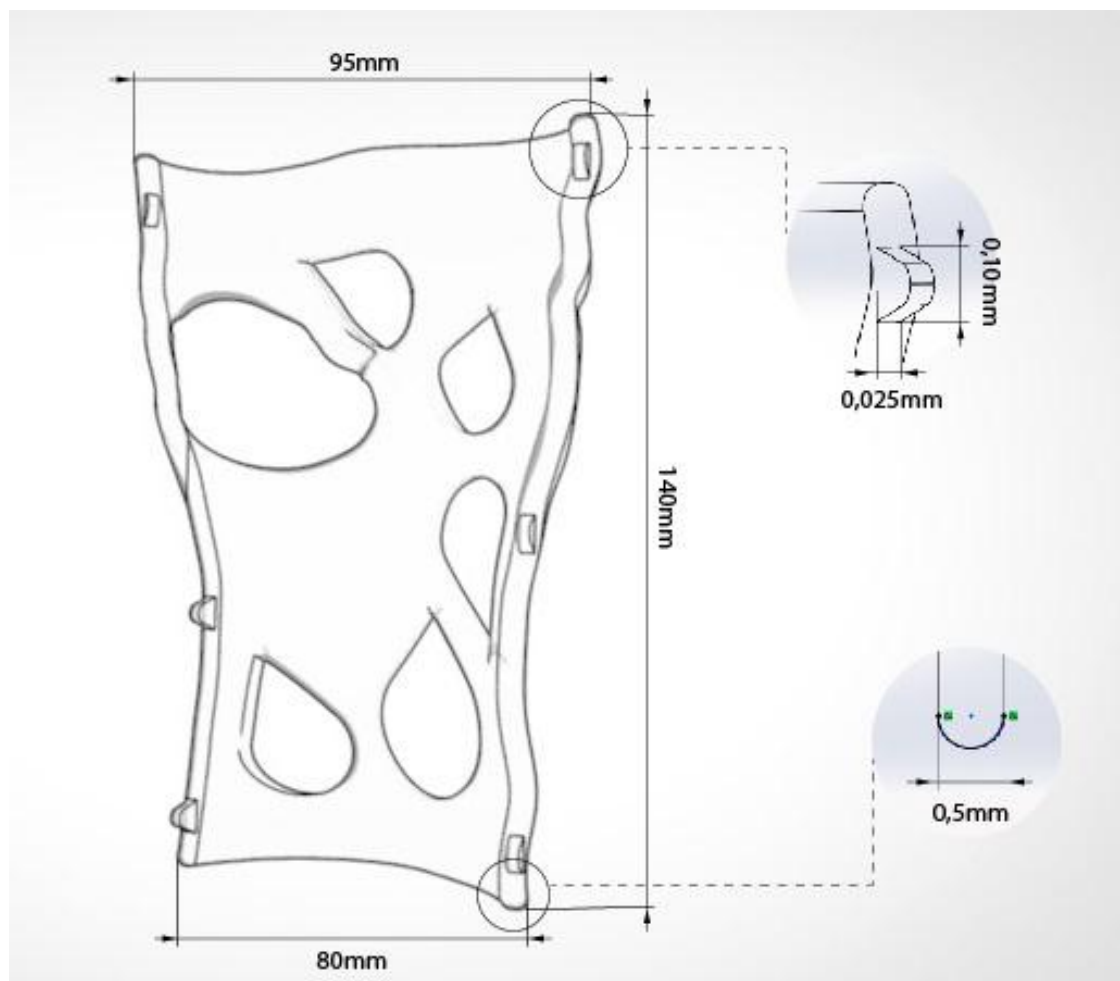
de \$100,00 por hora para fazer uso do scanner disponível na Instituição. Para a impressão 3D foram necessárias 10 horas para cada peça que compõe a órtese, somando 20 horas ao todo para a finalização, com um custo total de impressão de \$72,00.

Estima-se que do início do processo de confecção da órtese até a entrega do produto leve 2 dias e meio, contando com o escaneamento, modelagem da órtese e impressão. Com um valor total de \$122,00, sem contar a hora do profissional que modela a órtese, porém com uma produção maior em uma compra de material em maior quantidade é possível diminuir o preço final dessa órtese.

Este estudo proporcionou projetar e construir um modelo real de órtese em impressão 3D. Dessa forma chega-se a solução final de como será a órtese, um produto viável a impressão 3D, impresso em polímero PLA com 140 mm (medida mínima para manter o braço fixo), com pinos de 10 mm para o encaixe e com fixação a partir de cola adesiva instantânea.

Na Figura 43 abaixo pode-se ver as medidas da órtese.

Figura 43 - Medidas das órteses



Fonte: Da autora (2018).

Deve-se frisar que a órtese proposta para este projeto é totalmente personalizada a cada paciente, que deve ter a própria mão/punho escaneado e modelado tridimensionalmente, assim as medidas mudam de acordo com cada pessoa, fazendo com que a recuperação da fratura possa ser efetivamente concluída.

De acordo com as especificações acima consegue-se visualizar um modelo em simulação virtual a partir de renders, com algumas variações de cores.

Em simulação virtual abaixo, Figura 44 apresenta a solução escolhida, Figura 45 apresenta a órtese em diferentes ângulos, na Figura 46 e 47 pode ser visto a órtese aberta com os pinos de ligação em diversos ângulos e como é possível fazer o fechamento, 2 na Figura 48 apresenta a órtese em seis variações de cores.

Figura 44 - Solução escolhida



Fonte: Da autora (2018).

Figura 45 - Órtese em diferentes ângulos





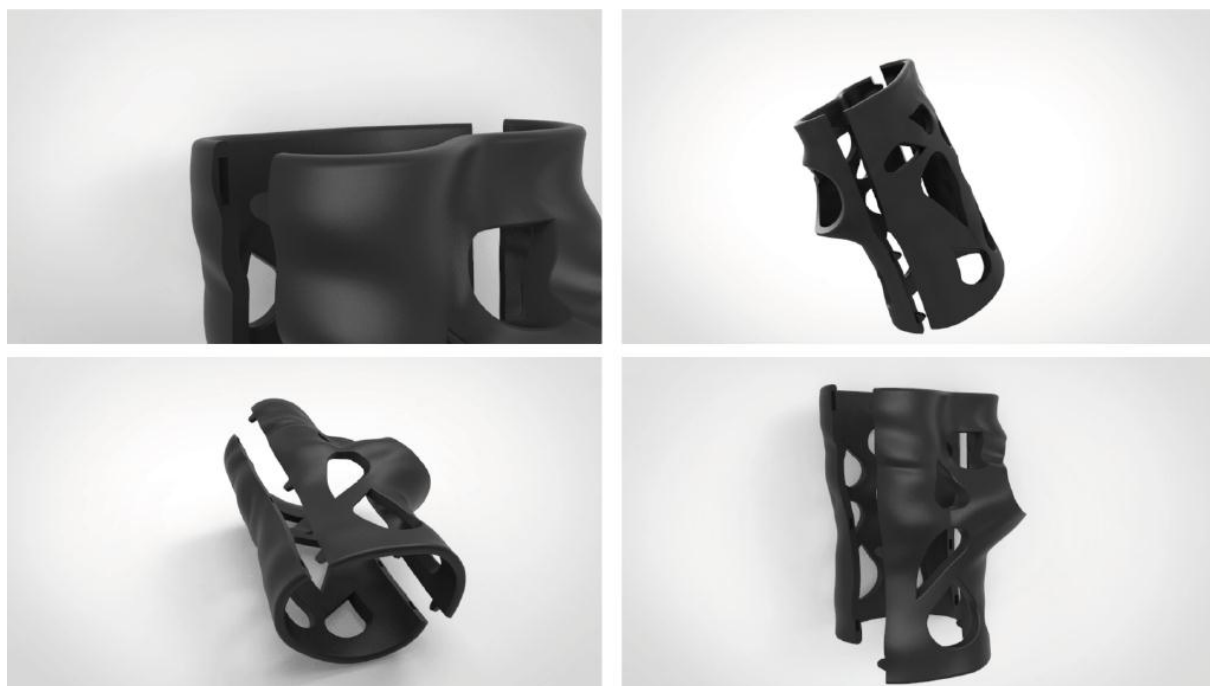
Fonte: Da autora (2018).

Figura 46 - Órtese aberta com os pinos de ligação



Fonte: Da autora (2018).

Figura 47 - Órtese aberta com os pinos de ligação



Fonte: Da autora (2018).

Figura 48 - Órtese em seis variações de cores



Fonte: Da autora (2018).

Na Figura 49 podemos ver fotos tiradas do modelo final, realmente impresso. Na Figura 50 o modelo final sendo utilizada. Na Figura 51 mostra os detalhes da órtese.

Figura 49 - Modelo final



Fonte: Da autora (2018).

Figura 50 - Modelo final sendo utilizado



Fonte: Da autora (2018).

Figura 51 - Detalhes da órtese



Fonte: Da autora (2018).

Com essas fotos foi possível visualizar a órtese impressa, em uso e alguns detalhes.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresenta as considerações acerca da pesquisa, método e resultados obtidos no decorrer do trabalho. O primeiro momento foi fundamental para o desenvolvimento deste estudo e chegar à fase final. Por meio de pesquisa em referencial teórico foi possível perceber que, nos dias atuais nos deparamos com um crescimento populacional e junto a ele uma grande preocupação, os acidentes: automobilísticos, por queda, acidentes de trabalho e esportivo, causando às pessoas que participam destes eventos, deformidades e necessidades especiais.

fraturas de punho interferem e muito nas atividades de rotina, pois o punho é a porção do membro superior situada entre o antebraço e a mão, constituído por duas articulações é capaz de vários movimentos em diversos planos, é responsável pelos movimentos, dos mais simples aos mais complexos, nos seus mais variados eixos. O movimento do punho faz com que a mão realize vários movimentos em especial de abdução, flexão, adução e extensão.

Muitos dos pacientes com esse tipo de fratura abandonam ou retardam com frequência o tratamento, na maioria dos casos, por motivos das órteses serem de tala gessada ou gesso, desajustadas, causando ao paciente desconforto por serem pesadas, densas, causarem mau cheiro, coceira e dificuldade na higiene.

Hoje o auxílio de novas tecnologias para atender as mais diversas áreas, em especial a área da medicina, sendo esse um campo onde a contribuição do profissional de *design* pode ser valorosa, utilizando criatividade e tecnologia.

Profissionais de *design* utilizam as mais diversas formas e materiais para a criação de produtos que visem satisfazer o público almejado.

Assim foi de extrema necessidade aprofundar e trazer para o estudo seguindo as palavras chaves: *design*, *design* de produto, *design* social, Tecnologia Assistiva, órteses e impressão 3D. O estudo apresentou como tema central o uso de impressão 3D no auxílio às pessoas usuárias de órteses: Um projeto de *design* focado em Tecnologia Assistiva, investigando como o *Design* pode, por meio desta e com uso da impressão 3D, produzir órteses para o uso de pacientes que necessitem de tratamento com este equipamento.

Apresentou como Problema da pesquisa: Como o *design* pode contribuir para o desenvolvimento de órteses com o uso da Tecnologia de impressão 3D. Com os objetivos de: Construir um referencial teórico acerca da Tecnologia Assistiva e seu uso no *design* de produtos; Identificar as possibilidades atuais da tecnologia de impressão 3D e seu possível uso na produção de órteses terapêuticas; Verificar a viabilidade do uso da impressão 3D na confecção de órteses, como alternativa às tecnologias, alguns materiais e procedimentos existentes; por fim, projetar e construir uma órtese em impressão 3D para análise e verificação da viabilidade.

A tecnologia Assistiva é uma área que engloba recursos, estratégias, metodologias, práticas, produtos e serviços, utiliza as competências do *design* de produto no planejamento de órteses e próteses, auxilia na área de saúde mais especificamente no planejamento, com o propósito de oportunizar qualidade de vida e inclusão social para pessoas com incapacidade.

A impressão 3D já vem sendo utilizada em vários setores, apresenta vantagens aplicadas, aprofunda na área acadêmica e, também vem sendo explorada na medicina em especial no desenvolvimento de órteses e próteses personalizadas, ultrapassando barreiras e agilizando processos, com uma tecnologia relativamente rápida, tende a evitar desperdícios e diminuir falhas. O uso da impressão 3D na medicina e na produção de peças biomédicas, viabiliza a elaboração de novos produtos terapêuticos garantindo melhores prognósticos.

Este estudo provocou várias questões e desafios, pois necessitou de outras áreas e linhas para a execução do projeto. É percebido também que um profissional

não trabalha sozinho, necessita estar aberto a ideias e mudanças para atender as necessidades de uma demanda, permitindo alcançar as diferentes realidades. O profissional *designer* é reconhecido como um profissional intelectual que não oferece simplesmente um negócio, o trabalho vai além, e ligando-se a outros segmentos, como a área da saúde, passa a enriquecer suas propostas, elaborando projetos de equipamentos importantes para a reabilitação e recuperação de pacientes.

Pode-se também entender um pouco mais sobre impressão 3D e seu funcionamento, assim foi capaz de comprovar a viabilidade desta tecnologia para a impressão de uma órtese, e a possibilidade de substituição do material já utilizado para o uso de um material que aponta inúmeras características essenciais para uma boa recuperação de uma fratura de punho.

O estudo possibilitou projetar e construir um modelo de órtese, que foi impresso tridimensionalmente em dois polímeros diferentes, a fim de analisar e verificar a viabilidade destes materiais. A primeira órtese foi impressa em polímero ABS e como mostra no estudo da primeira fase deste trabalho, pode-se observar que é um material com baixa qualidade em detalhes e acabamentos, menos resistente e com um custo mais elevado. A segunda órtese foi impressa em polímero PLA e confirmando também os resultados do estudo da primeira fase deste trabalho, pode-se observar a riqueza nos detalhes e acabamentos, a resistência elevada e se mostrando com custo reduzido.

Dessa forma, verificou-se que os objetivos foram atingidos, assim foi capaz de concluir que este polímero é totalmente viável para a construção de órteses em impressão 3D, podendo fazer parte de cenários futuros no envolvimento de fraturas de punho.

REFERÊNCIAS

3D PRINTER AND 3D PRINTING NEWS. **Lightweight KAFO Splint, 3D printed leg brace cost-effectively customized for perfect fit**. 4 jun. 2015. Disponível em: <<http://www.3ders.org/articles/20150604-lightweight-kafo-splint-3d-printed-leg-brace-cost-effectively-customized-for-perfect-fit.html>>. Acesso em: 15 set. 2017.

3D TIME. **Morph VX**. 2018. Disponível em: <<http://3dtime.it/z-morph-vx/>>. Acesso em: 05 nov. 2017.

3DILLA. **Materiais para impressão 3D**. 2018. Disponível em: <<http://pt.3dilla.com/materiais/>>. Acesso em: 05 nov. 2017.

3D NATIVES. **3D Scanner: Go!SCAN 50**. 2018. Disponível em: <<https://www.3dnatives.com/en/3D-compare/scanner/go-scan-50>>. Acesso em: 05 nov. 2017.

ABCMED, 2013. **Fratura óssea: definição, causas, sinais e sintomas, tipos de fraturas, diagnóstico, tratamento e evolução**. Disponível em: <<http://www.abc.med.br/p/ortopedia-e-saude/370949/fratura-ossea-definicao-causas-sinais-e-sintomas-tipos-de-fraturas-diagnostico-tratamento-e-evolucao.htm>>. Acesso em: 31 mai. 2018.

ANGELINI, Luiz Carlos; ALBERTONI, Walter Manna; FALOPPA, Flávio. Tratamento das fraturas do terço distal do rádio pela fixação externa e enxerto ósseo. **Acta ortop. bras.**, São Paulo, v. 13, n. 2, p. 79-85, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-78522005000200006&Ing=en&nrm=iso>. Acesso em: 31 mai. 2018.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE PROTEÇÃO. **Partes do corpo mais afetadas**. Tabela. 2006. Disponível em: <<http://www.segurancaotrabalho.eng.br/estatisticas/tabela3.pdf>>. Acesso em: 31 mai. 2018.

AMAZON. **Yosoo Wrist Brace**. 2017. Disponível em: <<https://www.amazon.com/Yosoo-Wrist-Brace-Breathable-Adjustable/dp/B01IF2YWTO?th=1>>. Acesso em: 14 out. 2017.

ARRUDA, Amilton José Vieira de, et al. *Design e os processos de inovação social como agentes transformadores em comunidades criativas*. In: ARRUDA, José Vieira de (org). **Design & Inovação Social**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2017.

ASHBY, Michael; JOHNSON, Kara. **Materiais e design: arte e ciência da seleção de materiais no design de produto**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

BARBOSA, Patrícia Silva Hampe; TEIXEIRA-SALMELA, Luci Fuscaldi; CRUZ, Robert Bicalho da. Reabilitação das fraturas do rádio distal. **Acta ortop. bras.**, São Paulo, v. 17, n. 3, p. 182-186, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-78522009000300011&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 10 mai. 2018.

BAXTER, Mike. **Projeto de produto: guia prático para design de novos produtos**. 2. ed. rev. São Paulo: Edgar Blucher, 2003.

BERSCH, Rita de Cássia Reckziegel. **Design de um serviço de tecnologia assistiva em escolas públicas**. Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Design. Porto Alegre, 2009. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/18299/000728187.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 30 ago. 2017.

BERSCH, Rita de Cássia Reckziegel. **Introdução à tecnologia assistiva**. Porto Alegre: Assistiva Tecnologia e Educação, 2013. Disponível em: <http://www.assistiva.com.br/Introducao_Tecnologia_Assistiva.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2017.

BONOTTO, Elisa; SENA, Pierson. **O design social segundo designers**. Pierson Sena, 12 jul. 2016. Disponível em: <<http://piersonsena.blogspot.com.br/2008/10/o-design-social-segundo-designers.html>>. Acesso em: 18 ago. 2017.

BRAGA JR. M. B, et al. BRAGA JUNIOR, Manuel Bomfim et al . Epidemiologia e grau de satisfação do paciente vítima de trauma músculo-esquelético atendido em hospital de emergência da rede pública brasileira. **Acta ortop. bras.**, São Paulo, v. 13, n. 3, p. 137-140, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-78522005000300007>. Acesso em: 18 ago. 2017.

CAETANO, E. B. Anatomia funcional da mão. In: PARDINI, A. G.. **Traumatismos da mão**. 3.ed. Rio de Janeiro: Medsi, 2000. p. 7-59.

CALAIS-GERMAIN, Blandine; CÂNDIDO, Paulo Laino; PROSDÓCIMI, Fábio César. **Anatomia para o movimento**. São Paulo: Manole, 2002.

CAMARGO, Telma Aparecida de. **Custos de órteses, próteses e materiais especiais não contemplados no Sistema Único de Saúde (SUS) em hospital de ensino brasileiro**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Enfermagem – Mestrado Profissional da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Faculdade de Medicina de Botucatu, para obtenção do título de Mestre. Botucatu, 2017. Disponível em: <https://alsafi.ead.unesp.br/bitstream/handle/11449/150259/camargo_ta_me_bot.pdf?sequence=3&isAllowed=y>. Acesso em: 12 ago. 2017.

CARDOSO, Rafael. **Design para um mundo complexo**. São Paulo: Cosac Naify, 2016.

CARDOSO, Rafael. **Uma introdução à história do design**. 3. ed. rev. ampl. São Paulo: Edgard Blucher, 2008.

CARVALHO, José André. **Órteses**: um recurso terapêutico complementar. Barueri: Manole, 2006.

CIRIACO, Douglas. **13 impressoras 3D já disponíveis no Brasil**. TecMundo, 31 mai. 2013. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/impressora-3d/40248-13-impressoras-3d-ja-disponiveis-no-brasil.htm>>. Acesso em: 15 out. 2017.

CLIEVER. **Impressoras 3D**. 2018. Disponível em: <<https://store.cliever.com/impressoras-3d/impressora-3d-cl2-pro/>>. Acesso em: 15 out. 2017.

CREAFORM. **Scaners 3D Portáteis**. 2018. Disponível em: <<https://www.creaform3d.com/pt/solucoes-em-metrologia/scanners-3d-portateis-goscan-3d>>. Acesso em: 03 nov. 2017.

DENTALCREMER. **Alginato Ezact Kromm – Coltene**. 2018. Disponível em: <<https://www.dentalcremer.com.br/produto/297874/alginato-ezact-kromm-coltene100133>>. Acesso em: 03 nov. 2017.

DESIGN CULTURE. **A empatia no processo de Design**. 06 fev. 2014. Disponível em: <<http://www.designculture.com.br/a-empatia-no-processo-de-design/>>. Acesso em: 06 ago. 2017.

DICIO. Dicionário Online de Português. **Design. Significado de Design**. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/design/>>. Acesso em: 06 out. 2017.

EDELSTEIN, Joan E.; BRUCKNER, Jan. **Órteses**: abordagem clínica. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

FACCA, Cláudia Alquezar. **O designer como pesquisador**: uma abordagem metodológica da pesquisa aplicada ao *design* de produtos. São Paulo: Blucher, 2011.

FERRIGNO, I. S. V. **Terapia da mão**: fundamentos para prática clínica. São Paulo: Santos, 2007.

FIORIN, E.; LANDIM, P.C.; LEOTE, R.S. (orgs). **Arte-ciência**: processos criativos. São Paulo: Editora UNESP; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2015. Disponível em: <<https://static.scielo.org/scielobooks/jhfsj/pdf/fiorin-9788579836244.pdf>>. Acesso em 04 set. 2017.

FISIOSTORE (a). **Tala em ABS para Polegar Chantal**. 2017. Disponível em: <<http://www.fisiostore.com.br/tala-em-abs-para-polegar-chantal/p>>. Acesso em: 14 out. 2017.

FISIOSTORE (b). **Tala de PVC para Punho e Polegar Salvapé.** 2017. Disponível em: <<http://www.fisiostore.com.br/tala-de-pvc-para-punho-e-polegar---salvape-salv-04710/p>>. Acesso em: 14 out. 2017.

GARCEZ, Claudia. **O que é Tecnologia Assistiva?** Inatel, 14 nov. 2012. Disponível em: <<http://www.inatel.br/imprensa/noticias/cdta/2666-o-que-e-tecnologia-assistiva>>. Acesso em: 25 ago. 2017.

GARCIA, L.H.Tobler. **Desenvolvimento e fabricação de uma mini-impressora 3D para cerâmicas.** Orientador: Benedito de Moraes Purquerio. Dissertação (Mestra do Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica e Área de Concentração em Projeto Mecânico. São Carlos, 2010.

GAZETA DO POVO. **Gesso pode ser substituído por órtese impressa em 3D.** Viver Bem. Saúde e Bem-Estar. Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br/viver-bem/saude-e-bem-estar/saude/gesso-pode-ser-substituido-por-ortese-impressa-em-3d/>>. Acesso em: 14 out. 2017.

GOMES FILHO, João. **Design do objeto:** bases conceituais. São Paulo: Escrituras, 2006.

HALL, S. J. **Biomecânica básica.** 4. ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 2003.

IBGE. **Censo demográfico 2010:** características gerais da população, religião e pessoas com deficiência. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012. 215 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/94/cd_2010_religiao_deficiencia.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2017.

IMATERIALISE. **ZBrush Tutorial: Cleaning Up a 3D Model for 3D Printing.** 2014. Disponível em: <<https://i.materialise.com/blog/en/creating-a-head-bust-with-autodesk-123d-catch-and-zbrush/>>. Acesso em: 03 nov. 2017.

IMPRESSÃO 3D Fácil. **Conheça os diferentes tipos de materiais para impressão 3D FDM.** 1 dez. 2015. Disponível em: <<http://www.impressao3dfacil.com.br/conheca-os-diferentes-tipos-de-materiais-para-impressao-3d-fdm/>>. Acesso em: 03 nov. 2017.

INFOPÉDIA. **Punho.** 2018. Disponível em: <<https://www.infopedia.pt/dicionarios/termos-medicos/punho>>. Acesso em: 03 nov. 2017

JUNIOR, Pedro de Oliveira Conceição; MARQUES, Dani Marcelo Nonato. **Impressoras 3D: redução de custo e tempo no desenvolvimento de produtos.** Faculdade de Tecnologia de Garça – FATEC. Disponível em: <http://www.fatecgarca.edu.br/revista/Volume3/artigos_vol3/Artigo_24.pdf>. Acesso em: 25 out. 2017.

KICKANTE. **Ajude o Mao3D a doar próteses para 100 crianças.** Início. Disponível em: <<https://www.kickante.com.br/campanhas/projeto-mao-3d>>. Acesso em: 04 ago. 2017.

LANDIM, PC. **Design**, empresa, sociedade. São Paulo: Editora UNESP; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2010. Disponível em: <<https://static.scielo.org/scielobooks/vtxgm/pdf/landim-9788579830938.pdf>>. Acesso em: 04 set. 2017.

LEHM, Vera Lúcia Mendes. **Órteses de mãos**. Crefito 10. 2017. Disponível em: <http://www.crefito10.org.br/cmslite/userfiles/file/ORTESES%20DE%20MAOS%20-%20Dra_%20Vera%20Lucia%20Mendes%20Lehm%20-%20Terapeuta%20Ocupacional.pdf>. Acesso em: 14 out. 2017.

LÖBACH, Bernd. **Design industrial: bases para a configuração dos produtos industriais**. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.

MÃO 3D. **Quem somos?** Disponível em: <<https://mao3d.wordpress.com/quem-somos/>>. Acesso em: 07 set. 2017.

MAKERBUT STORE. **Impressora 3D**. 2018. Disponível em: <<https://www.makerbotstore.com.br/impressora-3d-makerbot-replicator-z18>>. Acesso em: 07 set. 2017.

MARTINI, Frederic H. et al. **Anatomia humana**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

MESTRE Ortopédicos e Esportivos. **Órtese Tala De Pvc Punho, Mão E Dedos**. Disponível em: <<http://www.mestreortopedicos.com.br/punho-mao-e-dedos/ortese-tala-de-pvc-punho-mao-e-dedos-branca>>. Acesso em: 14 out. 2017.

MOORE, Keith L.; DALLEY, Arthur F.; WERNECK, Alexandre Lins. **Anatomia orientada para a clínica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, c2001.

MORAES, Dijon de. **Análise do design brasileiro: entre mimese e mestiçagem**. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.

MUNARI, Bruno. **Das coisas nascem coisas**. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2008.

MUNARI, Bruno. **Das coisas nascem coisas**. São Paulo: Martins Fontes, 2008.

NASCIMENTO, Elias. **Cientistas transformam cortadora a laser em impressora 3D de baixo custo**. TechMundo, 23 fev. 2016. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/laser/101073-cientistas-transformam-cortadora-laser-impressora-3d-baixo-custo.htm>>. Acesso em: 03 nov. 2017.

NETO, Arizon dos Santos (a). **Conheça Chuck Hull: o criador da impressora 3D**. WishBox, 16 mai. 2016. Disponível em: <<http://blog.wishbox.net.br/2016/05/16/chuck-hull/>>. Acesso em: 20 out. 2017.

NETO, Arizon dos Santos (b). **Impressão 3D na medicina: como ajudou médicos a salvarem a vida de um bebê**. WishBox Technologies, 30 jun. 2016. Disponível em: <<http://blog.wishbox.net.br/2016/06/30/impressao-3d-na-medicina-como-ajudou-medicos-a-salvarem-a-vida-de-um-bebe/>>. Acesso em: 20 out. 2017.

ORTHOINFO. Fraturas. 2018. Disponível em: <<https://orthoinfo.aaos.org/pt/diseases--conditions/fraturas-distais-do-radio-fratura-do-punho-distal-radius-fractures/>>. Acesso em: 21 abr. 2018.

PARDINI, A. G. **Traumatismos da mão**. 3.ed. Rio de Janeiro: Medsi, 2000.

PASSO FIRME. **Próteses vintage, a ortopedia técnica de séculos passados** (parte 3). 14 out. 2012. Disponível em: <<https://passofirme.wordpress.com/tag/proteses-antigas/>>. Acesso em: 10 out. 2017.

PAZMINO, Ana Verónica. **Uma reflexão sobre Design Social, Eco Design e Design Sustentável**. I Simpósio Brasileiro de Design Sustentável, Curitiba, Paraná, 04-06 set. 2007. Disponível em: <<http://naolab.nexodesign.com.br/wp-content/uploads/2012/03/PAZMINO2007-DSocial-EcoD-e-DSustentavel.pdf>>. Acesso em: 18 ago. 2017.

RAULINO, B. R. **Manufatura aditiva**: desenvolvimento de uma máquina de prototipagem rápida. Trabalho de graduação em Engenharia de Controle e Automação, Publicação FT.TG- 2011 Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

RECUPERARTE. **Como a órtese pode ajudar**. Terapia da mão. Disponível em: <<http://www.recuperarte.com.br/ortese.htm>>. Acesso em: 25 out. 2017.

REIS, FB, et al. Terapia ocupacional no tratamento das fraturas do terço distal do rádio. **Folha Méd.**, n. 100, p. 15-18, 1990.

RODRIGUES, Patrícia Rocha; ALVES, Lynn Rosalina Gama. Tecnologia Assistiva – uma revisão do tema. **Holos**, v. 6, n. 29, 2013 Disponível em: <<http://atividadeparaeducacaoespecial.com/wp->>. Acesso em: 10 ago. 2017.

ROTO, V.; RANTAVUO, H; V-V-MATTILA, Kaisa. Evaluating User Experience of Early product concepts. **International Conference on Designing Pleasurable Products and Interfaces**, v. 13, n. 16, p. 1-10. 2009. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=AF459852A481023E492A0C0C50471DFB?doi=10.1.1.155.5362&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 4 out. 2017.

ROTH, Felipe. **Fratura do Punho (Rádio Distal)**. 2018. Disponível em: <<http://feliperoth.com.br/traumatologia-da-mao/fratura-de-radio-distal/>>. Acesso em: 4 out. 2017.

SANTOS, António Gil da Costa. **Design centrado no utilizador no desenvolvimento de próteses: Design de uma prótese transradial**. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Design de Produto, Lisboa, 29 nov. 2016. Disponível em: <https://www.repository.utl.pt/bitstream/.../Dissertação_António_SantosFinal_DCU.pdf>. Acesso em: 14 out. 2017.

SOUZA, Alessandra Cavalcanti de Albuquerque e. **Análise funcional do design das órteses para rizartrose**. Tese submetida ao Programa de Engenharia de

Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de mestre em Ciências em Engenharia de Produção. Ago. 2006. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufrn.br:8080/jspui/bitstream/123456789/15106/1/AlessandraCAS.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2017.

SOUZA, R. R. **Anatomia humana**. Barueri-SP: Manole, 2001.

STEPHAN, D, et al. Código de Ética Profissional do *Design* de Produto. **Associação dos Designers de Produto**. São Paulo, 4 ago. 2004. Disponível em: <http://turmadod.com/alunos/downloads/4s2010_2/etica_legislacao/Codigo_de_Etica_Design_Produto.pdf>. Acesso em: 14 set. 2017.

TECH4HEALTH. **Órtese por impressão 3D para fraturas**. Biomecânica e Reabilitação. 13 nov. 2016. Disponível em: <<https://www.t4h.com.br/biomecanica-e-reabilitacao/industria/noticias/ortese-por-impressao-3d-para-fraturas/>>. Acesso em: 06 nov. 2017.

VINHÁES, J. C. **Clínica e terapêutica cirúrgicas**. 3. ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 2000.

VOLPATO, N. et al. **Prototipagem rápida - tecnologias e aplicações**. São Paulo: Edgar Blücher, 2007.

XAVIER, Claudio Roberto Martins et al . Tratamento cirúrgico das fraturas do rádio distal com placa volar bloqueada: correlação dos resultados clínicos e radiográficos. **Rev. bras. ortop.**, São Paulo, v. 46, n. 5, p. 505-513, Oct. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-36162011000500005&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 31 mai. 2018.

XKELET. **Imovilizaciones a medida**. Disponível em: <<https://www.xkelet.com/>>. Acesso em: 03 nov. 2017.

ANEXOS

ANEXO A - Impressora - *Micromake 3D DIY Printer*



Características

Área de trabalho: 180mm x 180mm x 300mm

Conectividade: cartão SD ou USB.

Resolução de camadas: 50 microns

Peso do Produto: 8 KG

Tipos de arquivo suportados: STL, G-Código

Dimensões do produto: largura 30cm altura 68cm

Materiais para impressão

PLA

ABS

Aplicações

Protótipo rápido

Observações

Com um autonivelamento avançado e um ventilador de resfriamento especial com dutos duplos, o D1 pode resfriar cada camada imediatamente após a extrusão.

Fonte: Amazon (2017, texto digital).

ANEXO B - Impressora 3D - CL2 Pro



Características

Área de trabalho:

1 extrusor: 300mm x 230mm x 200mm

2 extrusores: 230mm x 230mm x 200mm

Conectividade: USB

Peso do Produto: 29 KG

Tipos de arquivo suportados: STL

Dimensões do produto: 510mm x 440mm x 540mm

software: Solid Works, AutoCAD, entre outros.

Materiais para impressão

PLA

ABS

PETG

Aplicações

Protótipo rápido

Observações

Ideal para iniciantes

Posicionamento automático de objetos

Previsão de custo e de tempo de impressão

Visual simplificado e intuitivo

Ambiente de impressão fechado

Superfície de impressão aquecida

Fonte: Cliever (2018, texto digital).

ANEXO C - Impressora 3D *Maker Bot Replicator Z18*



Características

Área de trabalho: 300 mm x 305 mm x 457 mm

Conectividade: USB, Ethernet, Wi-fi

Resolução de camadas: 100 microns

Peso do Produto: 41 KG

Tipos de arquivo suportados: STL, OBJ

Dimensões do produto: 493 mm x 565 mm W x 861 mm

software: MakerBot Print Software

Materiais

PLA

ABS

Aplicações

Com o enorme volume de construção do Z18, você pode imprimir protótipos e peças a um custo muito menor do que as impressoras 3D industriais.

Observações

MakerBot PLA Filament é o melhor e mais consistente filamento otimizado para uso com de Impressoras 3D MakerBot.

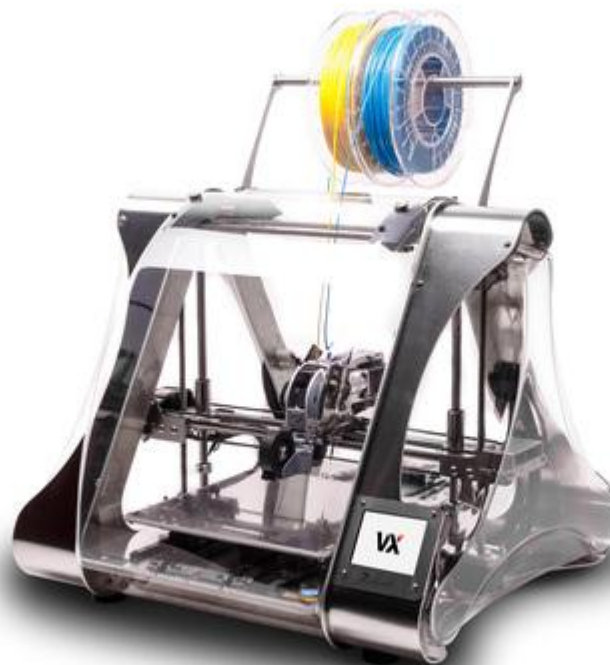
O Smart Extruder é um ponto culminante do *design* do produto e mais de 160.000 horas de testes rigorosos que proporcionam um desempenho confiável e consistente com resultados superiores usando o Filamento de PLA de MakerBot.

ANEXO D - Bico Extrusor *Smart Extruder*



Fonte: Makerbut Store (2018, texto digital).

ANEXO E - Impressora ZMorph VX



Características

Área de trabalho: 250 x 235 x 165 mm

Conectividade: USB e LAN

Resolução de camadas: 50 - 400 microns

Peso do Produto: 20 KG

Tipos de arquivo suportados:

Dimensões do produto: 530 x 555 x 480 mm

software: Voxelizer, Simplify3D, Cura, Slic3r

Materiais -

-Impressão 3D: ABS e derivados, PLA e derivados, PVA, PET, ASA, Nylon, HIPS, termocromo, TPU, materiais Flex,

-Atualize seu ZMorph com outras ferramentas ZMorph e acesse mais materiais de fabricação, como madeira, cera de usinagem ou placa de modelagem.

Aplicações -

Protótipos funcionais

Modelos conceituais

Peças de uso final e produção de baixo volume

Lições

Ferramentas, gabaritos e acessórios

Sinalização e personalização

Modelos arquitetônicos

PCBs

Pesquisa
Reconstrução histórica
Arte e decoração
Moldes e Fundidos
Auxílios de visualização médica
Cosplay

Observações

- Construção robusta de alumínio com componentes de alta qualidade, projetada para suportar altos torques de fresamento CNC e altas velocidades de impressão 3D
- Câmara de construção fechada com eletrônica totalmente protegida
- Sistema Inovador de Malha Fechada

Fonte: 3D Time (2018, texto digital).